INRS

Université d'avant-garde

Centre - Eau Terre Environnement

Rapport annuel 2010-2011

Rapport annuel du 1er juin 2010 au 30 avril 2011
Disponible en format électronique : www.ete.inrs.ca/ete/publications

Rédaction
Mathilde Renaud

Révision
Jean-Daniel Bourgault

Concept graphique
France Lévesque communication

Photo de la page couverture
Jessy Barrette

Crédits photos
Yves Bégin, Antony Bertrand-Grenier, Michelle Bordeleau, Jean-Daniel Bourgault, Satinder Kaur Brar, Alija Chandran, Karem Chokmani, Clément Clerc, Arnaud De Coninck, Christian Fleury, Katharina Guth, Lyal Harris, René Lefebvre, Bernard Long, MDA et Agence spatiale canadienne, Guy Mercier, Pierre-Simon Ross, Alain N. Rousseau, Amélie Thériault, Jean-Michel Thériault, André Tessier, David Yergeau.

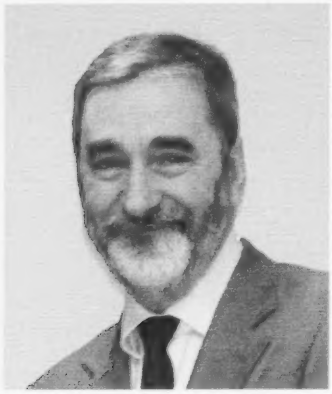
Pour information

Institut national de la recherche scientifique
Centre - Eau Terre Environnement
490, de la Couronne
Québec (Québec) G1K 9A9
CANADA
Téléphone : 418 654-2524
Télécopie : 418 654-2600
Courriel : info@ete.inrs.ca
Site Internet : www.ete.inrs.ca

© INRS, Centre - Eau Terre Environnement, 2012
Dépôt légal, Bibliothèque nationale du Québec,
Dépôt légal, Bibliothèque et Archives Canada

Mot du directeur

2010-2011



C'est avec grand plaisir que nous présentons le dixième rapport annuel du Centre Eau Terre Environnement de l'Institut national de la recherche scientifique pour l'année 2010-2011. En conformité avec les universités du Québec et à la demande du gouvernement, l'INRS a adopté un nouveau calendrier qui nous amène à écourter d'un mois l'année budgétaire 2010-2011. L'année budgétaire qui prenait fin le 31 mai se termine maintenant le 30 avril.

La mission du Centre est orientée vers le développement durable et la protection de l'environnement dans les domaines des sciences de l'eau et de la terre. La formation aux cycles supérieurs, la diffusion des connaissances et le transfert technologique font partie intégrante de cette mission et, à ce chapitre, l'année a été riche en réalisations.

Ce rapport fait état des projets porteurs de l'année dans les différents domaines de spécialité du Centre. Citons pour exemple, l'adaptation des infrastructures urbaines d'eau aux changements climatiques et au vieillissement des conduites, la prédiction des événements hydrologiques extrêmes, l'impact de la contamination sur les organismes aquatiques, la caractérisation des eaux souterraines en Montérégie, l'étude des environnements du passé à partir de sédiments lacustres, l'étude des environnements géologiques pour leur potentiel en hydrocarbures et en métaux, la séquestration géologique du gaz carbonique industriel, la bioconversion de résidus municipaux et industriels en produits à valeur ajoutée. Autant de projets qui témoignent d'un dynamisme porté par un corps professoral et un personnel de recherche débordant d'idées et d'initiatives.

Au chapitre du financement, les professeurs ont eu de beaux succès et le Centre s'est enrichi de nouvelles infrastructures (laboratoire hydraulique environnemental, laboratoire de bioprocédés et de formulations de nano-enzymes).

À la collation des grades de l'automne 2011, 14 étudiants au doctorat et 20 à la maîtrise en sciences de la terre et en sciences de l'eau se sont mérité un diplôme. De plus, cinq étudiants ont complété la maîtrise professionnelle en sciences de l'eau.

Le présent rapport se veut donc le reflet des grandes réalisations du Centre Eau Terre Environnement pour l'année 2010-2011. Le Centre est une organisation dont les indéniables qualités et la performance sont le résultat d'un ensemble de visions et d'actions de personnes engagées, chevronnées et notoires. Les succès obtenus sont donc attribuables à la contribution exceptionnelle de tous les membres, professeurs, étudiants, stagiaires, personnel de recherche, chercheurs associés, notamment ceux de la Commission géologique du Canada avec qui nous cohabitons, ainsi que l'ensemble du personnel de soutien.

J'adresse de sincères remerciements à tous en les encourageant à poursuivre sur cette excellente voie en 2011-2012.

Le directeur,
Yves Bégin

INRS
Université d'avant-garde

Centre - Eau Terre Environnement

Institut national de la recherche scientifique

L'INRS est une université dont la mission est de développer la recherche fondamentale et appliquée pour le bénéfice social, économique et culturel du Québec. Il s'agit d'un établissement de recherche universitaire qui a comme objectif de former des professionnels qualifiés aux cycles supérieurs et de s'assurer du transfert des connaissances et des technologies dans l'ensemble des secteurs où il œuvre. L'INRS offre à ses étudiants et professeurs un milieu de recherche innovant et centré sur les besoins de la société.

L'INRS est composé de quatre centres :

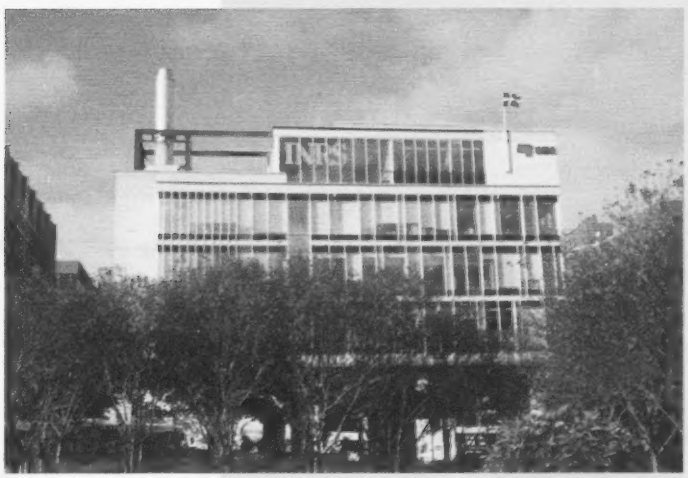
- Eau Terre Environnement
- Énergie Matériaux Télécommunications
- INRS-Institut Armand-Frappier
- Urbanisation Culture Société

Centre Eau Terre Environnement

Le Centre est activement engagé dans le développement durable du Québec, particulièrement dans les domaines des sciences de l'eau, des géosciences et de l'environnement. Œuvrant en recherche de pointe, le Centre se situe au cœur des développements scientifiques et technologiques visant à favoriser la protection et la mise en valeur des ressources naturelles. Il offre des programmes de maîtrise professionnelle et de recherche ainsi que de doctorat en sciences de l'eau et de la terre. Des stages de formation à tous les niveaux universitaires sont aussi offerts.

Le programme scientifique comporte quatre grands axes de recherche, soit l'hydrologie, la biogéochimie et les problématiques de contamination, les géosciences, et l'assainissement environnemental et la valorisation des résidus.

Le Centre est situé au centre-ville de Québec, sur le campus urbain de l'Université du Québec. Il a aussi des laboratoires au Parc technologique du Québec métropolitain et une station de recherche en milieu naturel à Sacré-Cœur au Saguenay.



Pour information

Institut national de la recherche scientifique
Centre - Eau Terre Environnement
490, de la Couronne
Québec (Québec) G1K 9A9
CANADA
Téléphone : 418 654-2524
Télécopie : 418 654-2600
Courriel : info@ete.inrs.ca
Site Internet : www.ete.inrs.ca

INRS
Université d'avant-garde

Hydrologie
2010-2011

Centre - Eau Terre Environnement

Le Canada possède près de 9 % des ressources en eau douce de la planète

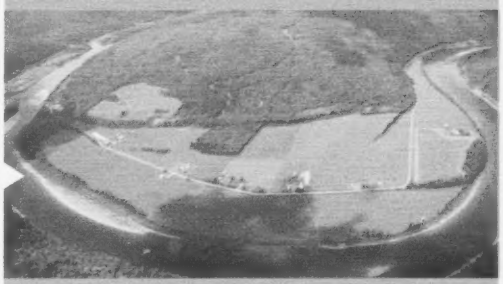
La gestion durable de cette ressource vitale est une priorité au Centre Eau Terre Environnement qui regroupe la plus forte concentration d'experts universitaires dans le domaine de l'eau au Canada.

L'expertise des chercheurs du Centre dans le développement et l'application de nouvelles approches numériques permet d'offrir des outils d'analyse et d'aide à la décision applicables à divers contextes. L'équipe multidisciplinaire s'intéresse autant à la disponibilité des ressources qu'aux problématiques environnementales. Les impacts et l'adaptation aux changements climatiques sont des thèmes récurrents des travaux.

Des exemples de recherche appliquée aux défis actuels

La protection des rives sous la loupe satellitaire

Au Québec, les organismes de bassin versant mettent en oeuvre la gestion intégrée de l'eau. Ils sont préoccupés, entre autres, par la dégradation des bandes riveraines, car elles sont essentielles à la protection des lacs et des cours d'eau. Des chercheurs développent une nouvelle méthode pour caractériser les bandes riveraines à l'aide d'images satellites de très haute résolution spatiale. Cet outil d'analyse à grande échelle permettra aux gestionnaires de dresser le portrait des bandes riveraines dans un bassin dans le but d'évaluer leur efficacité.



L'hydroélectricité à l'heure du développement durable

Le Canada est un grand producteur hydroélectrique, mais quels sont les impacts de cette énergie « verte » sur les écosystèmes aquatiques? Hydronet, un réseau national de recherche, a été mis sur pied dans le but de promouvoir le développement durable de l'hydroélectricité. Des chercheurs universitaires et de Pêches et Océans Canada collaborent avec des producteurs d'hydroélectricité afin de trouver des solutions pratiques pour minimiser et atténuer les impacts sur les habitats des poissons.

Se baignera-t-on un jour dans le fleuve à Québec?

La Ville de Québec a construit ces dernières années plusieurs réservoirs de rétention pour réduire les déversements d'égouts vers les cours d'eau lors de pluies abondantes. Mais ces aménagements sont-ils suffisants pour assurer une qualité de l'eau permettant des activités récréatives dans la rivière Saint-Charles et sur les plages en bordure du fleuve? Un des objectifs du projet est de faire une analyse statistique du lien entre les débordements d'eaux usées et la qualité des cours d'eau. Les autres sources possibles de pollution sont aussi examinées.

Grands thèmes abordés et chercheurs impliqués

HYDROLOGIE DES BASSINS VERSANTS

Monique Bernier | Télédétection
monique.bernier@ete.inrs.ca

Karem Chokmani | Télédétection
karem.chokmani@ete.inrs.ca

Alain N. Rousseau | Modélisation
alain.rousseau@ete.inrs.ca

Jean-Pierre Villeneuve | Gestion intégrée
jean-pierre.villeneuve@ete.inrs.ca

HYDROLOGIE URBAINE

Sophie Duchesne | Infrastructures
sophie.duchesne@ete.inrs.ca

Alain Mailhot | Modélisation et gestion
alain.mailhot@ete.inrs.ca

Jean-Pierre Villeneuve | Gestion intégrée

HYDRAULIQUE ENVIRONNEMENTALE

Normand Bergeron | Géomorphologie fluviale
normand.bergeron@ete.inrs.ca

Yves Secretan | Hydro-informatique
yves.secretan@ete.inrs.ca

HYDROLOGIE STATISTIQUE

Fateh Chebana | Modélisation
fateh.chebana@ete.inrs.ca

Taha B.M.J. Ouarda | Hydrométéorologie
taha.ouarda@ete.inrs.ca

André St-Hilaire | Hydrologie environnementale
andre.st-hilaire@ete.inrs.ca

Quelques publications récentes

(Les auteurs de l'INRS-ETE sont en **gras**)

- Barros, M.D.C., M.J.D. Sena, A.L.A. Mesquita, C.J.C. Blanco et **Yves Secretan** (2011). A water flow pattern analysis of Guajará Bay - Amazon Estuary - Brazil. *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering*, 33(1): 79-85.
DOI: 10.1590/S1678-58782011000100012

- **Chebana, Fateh** et **Taha B.M.J. Ouarda** (2011). Multivariate extreme value identification using depth functions. *Environmetrics*, 22(3): 441-455.
DOI: 10.1002/env.1089

- **Chokmani, Karem**, **Kristell Dever**, **Monique Bernier**, **Yves Gauthier** et **Lisa-Marie Pâquet** (2010). Adaptation of the SNOWMAP algorithm for snow mapping over eastern Canada using Landsat-TM imagery. *Hydrological Sciences Journal*, 55 (4): 649-660.
DOI: 10.1080/02626661003747374

- **Duchesne, Sophie**, **Nabila Bouzida** et **Jean-Pierre Villeneuve** (2010). Performance estimation of a Remote Field Eddy Current method for the inspection of water distribution pipes. *Journal of Water Resources Planning and Management*. En ligne.
DOI: 10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0000136

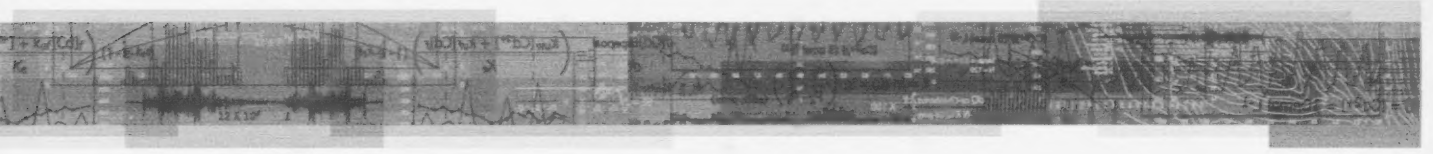
- **Grenier, Martine**, **Isabelle Lavoie**, **Alain N. Rousseau** et S. Campeau (2010). Defining ecological thresholds to determine class boundaries in a bioassessment tool: The case of the Eastern Canadian Diatom Index (IDEC). *Ecological Indicators*, 10(5): 980-989.
DOI: 10.1016/j.ecolind.2010.03.003

- **Guillemette, Nicolas**, **André St-Hilaire**, **Taha B.M.J. Ouarda** et **Normand Bergeron** (2010). Statistical tools for thermal regime characterization at segment river scale: Case study of the Ste-Marguerite River. *River Research and Applications*, 27(8): 1068-1071.
DOI: 10.1002/rra.1411

- **Mailhot, Alain**, **Ahmadi Kingumbi**, **Guillaume Talbot** et **Audrey Poulin** (2010). Future changes in intensity and seasonal pattern of occurrence of daily and multi-day annual maximum precipitation over Canada. *Journal of Hydrology*, 388: 173-185.
DOI: 10.1016/j.jhydrol.2010.04.038

Une variété de partenaires de recherche

- Agences spatiales canadienne et européenne
- Consortium Ouranos sur la climatologie régionale et l'adaptation aux changements climatiques
- Gouvernement du Canada (Agriculture et Agroalimentaire; Environnement; Pêches et Océans)
- Gouvernement du Québec (Agriculture, Pêcheries et Alimentation; Développement durable, Environnement et Parcs; Relations internationales; Transports)
- Hydro-Québec
- Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA)
- Ville de Québec



INRS
Université d'avant-garde

Centre Eau Terre Environnement
Institut national de la recherche scientifique
490 de la Couronne | Québec (QC) Canada | G1K 9A9
418.654.2524 | info@ete.inrs.ca | www.ete.inrs.ca

INRS
Université d'avant-garde

Biogéochimie
2010-2011

Centre - Eau Terre Environnement

La pollution de l'eau est un enjeu environnemental majeur auquel la société doit faire face

Les polluants entrent dans les écosystèmes aquatiques par des sources ponctuelles (ex. déversements) et diffuses (ex. pesticides), s'accumulent dans les sédiments et se concentrent dans les chaînes alimentaires. Pour s'attaquer à cette problématique, il est essentiel de comprendre les processus qui contrôlent les échanges de polluants entre les sédiments, l'eau et les organismes vivants, ainsi que leurs effets sur l'écosystème.

Les chercheurs du Centre Eau Terre Environnement mènent des recherches concertées sur la dispersion des contaminants, l'assimilation et les effets des métaux chez les organismes aquatiques et la détection des changements environnementaux dans les écosystèmes lacustres grâce notamment à des organismes sentinelles.

Des exemples de recherche appliquée aux défis actuels

Des nanos aux effets macros?

Les nanoparticules d'argent sont de plus en plus utilisées dans une grande variété de produits de consommation notamment pour leurs propriétés antibactériennes. Ces particules infiniment petites (l'échelle « nano » correspondant au milliardième de mètre) aboutissent ultimement dans les eaux usées rejetées vers les cours d'eau. On ne connaît ni les concentrations ni les effets de ces particules sur les organismes aquatiques. Ce projet de recherche vise donc à évaluer le risque écologique que posent ces « nano-argents » pour les cours d'eau.

La grande traversée des anguilles

Les populations d'anguilles d'Amérique et d'Europe sont en déclin. Pendant des siècles, le cycle de vie de ces poissons était auréolé de mystère. On sait aujourd'hui qu'elles naissent et se reproduisent dans la Mer des Sargasses, au sud-ouest de l'Atlantique Nord, mais retournent dans les rivières entre les deux. Lors de leur croissance en eau douce, les anguilles accumulent les contaminants en grande quantité. Ce projet, une collaboration Québec-France, examine les impacts de cette contamination sur la santé et la reproduction de ces poissons.

Les salmonidés dans l'eau chaude?

L'augmentation de la température liée au réchauffement climatique se fera sentir non seulement dans l'air mais également dans l'eau. Les salmonidés préfèrent les eaux fraîches et bien oxygénées, ils sont donc sensibles au réchauffement. L'objectif de ce projet du consortium Ouranos est de cartographier l'évolution des habitats des salmonidés en fonction de différents scénarios de réchauffement pour les trois grandes zones climatiques du Québec. Cette cartographie identifiera les zones à risque et aidera à planifier la gestion à long terme de ces espèces prisées des pêcheurs.

Grands thèmes abordés et chercheurs impliqués

GÉOCHIMIE ENVIRONNEMENTALE

Charles Gobeil | Contamination aquatique
charles.gobeil@ete.inrs.ca

Pierre Lafrance | Contaminants organiques
pierre.lafrance@ete.inrs.ca

ÉCOTOXICOLOGIE AQUATIQUE

Peter G.C. Campbell | Contaminants métalliques
pgc.campbell@ete.inrs.ca

Patrice Couture | Effets sur les poissons
patrice.couture@ete.inrs.ca

Paul Drevnick | Contamination par le mercure
paul.drevnick@ete.inrs.ca

Claude Fortin | Contaminants métalliques
claude.fortin@ete.inrs.ca

Landis Hare | Écologie d'eau douce
landis.hare@ete.inrs.ca

LIMNOLOGIE

Jean-Christian Auclair | Géochimie et plancton
jean-christian.auclair@ete.inrs.ca

Isabelle Laurion | Écologie et bioptique
isabelle.laurion@ete.inrs.ca

OCÉANOGRAPHIE

Yves Gratton | Processus physiques
yves.gratton@ete.inrs.ca

Quelques publications récentes

(Les auteurs de l'INRS-ETE sont en **gras**)

- Boullemant, A., **Séverine Le Faucheur**, **Claude Fortin** et **Peter G.C. Campbell** (2011). Uptake of lipophilic cadmium complexes by three green algae: influence of humic acids and its pH-dependence. *Journal of Phycology*, 47(4): 784-791.
  DOI: 10.1111/j.1529-8817.2011.01013.x

- **Cooper, Sophie**, **Landis Hare** et **Peter G.C. Campbell** (2010). Subcellular partitioning of cadmium in the freshwater bivalve, *Pyganodon grandis*, after separate short-term exposures to waterborne or diet-borne metal. *Aquatic Toxicology*, 100(4): 303-312.
  DOI: 10.1016/j.aquatox.2010.07.027

- **Drevnick, Paul**, D. Muir, C. Lamborg, M. Horgan, D. Canfield, J. Boyle et N. Rose (2010). Increased accumulation of sulfur in lake sediments of the High Arctic. *Environmental Science & Technology*, 44(22): 8415-8421.
  DOI: 10.1021/es101991p

- **Feyte, Stéphane**, **André Tessier**, **Charles Gobeil** et D. Cossa (2010). *In situ* adsorption of mercury, methylmercury and other elements by iron oxyhydroxides and organic matter in lake sediments. *Applied Geochemistry*, 25(7): 984-995.
  DOI: 10.1016/j.apgeochem.2010.04.005

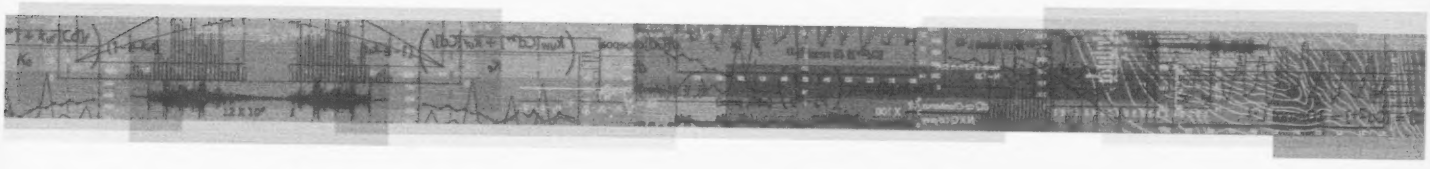
- Martin, J., J.É. Tremblay, J. Gagnon, G. Tremblay, A. Lapoussière, C. Jose, M. Poulin, M. Gosselin, **Yves Gratton** et C. Michel (2010). Prevalence, structure and properties of subsurface chlorophyll maxima in Canadian Arctic waters. *Marine Ecology Progress Series*, 412: 69-84.
  DOI: 10.3354/meps08666

- Morbey Y.E., **Patrice Couture**, P. Busby P. et B.J. Shuter (2010). Physiological correlates of seasonal growth patterns in lake trout *Salvelinus namaycush*. *Journal of Fish Biology*, 77(10): 2298-2314.
  DOI: 10.1111/j.1095-8649.2010.02804.x

- Watanabe S., **Isabelle Laurion**, R. Pienitz, **Karem Chokmani** et W.F. Vincent (2011). Optical diversity of thaw ponds in discontinuous permafrost: A model system for water color analysis. *Journal of Geophysical Research - Biogeosciences*, 116: G02003.
  DOI: 10.1029/2010JG001380

Une variété de partenaires de recherche

- Consortium Ouranos sur la climatologie régionale et l'adaptation aux changements climatiques
- Ministère de l'Environnement de l'Ontario
- Ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec
- Réseau ArcticNet
- Ressources naturelles Canada
- Rio Tinto Alcan
- Vale Inco



INRS
Université d'avant-garde

Centre Eau Terre Environnement
Institut national de la recherche scientifique

490 de la Couronne | Québec (QC) Canada | G1K 9A9
418.654.2524 | info@ete.inrs.ca | www.ete.inrs.ca

Plusieurs des enjeux socio-économiques auxquels la société est confrontée font appel aux connaissances géoscientifiques

La forte demande pour les ressources naturelles, la gestion durable des ressources en eau souterraine, les risques environnementaux reliés aux processus géologiques et l'impact des changements climatiques sont autant de problématiques auxquelles les chercheurs tentent de répondre.

Le Centre géoscientifique de Québec (CGQ) résulte d'une entente de partenariat unique au Canada entre un établissement universitaire, le Centre Eau Terre Environnement de l'INRS, et un organisme du gouvernement fédéral, la Commission géologique du Canada - bureau de Québec (une division de Ressources naturelles Canada). Cette collaboration a permis de constituer l'un des plus importants regroupements multidisciplinaires de recherche en géosciences au pays.

Des exemples de recherche appliquée aux défis actuels

Approvisionnement en eau potable : une solution

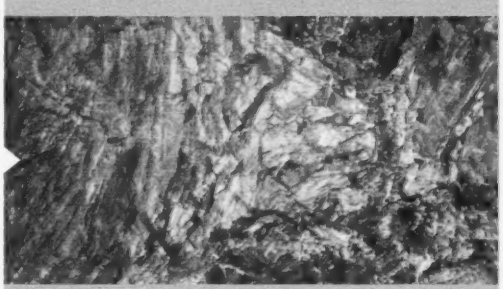
Plus du tiers des municipalités du Québec s'approvisionnent en eau potable en captant l'eau de surface, malgré les problèmes liés à la glace en hiver et à la quantité et qualité de l'eau en été. Les prises d'eau sous-fluviales et en berges, qui tirent profit de la filtration par les sédiments, constituent une solution intéressante à ces contraintes. Une étude hydrogéologique est en cours afin d'établir des critères de conception, d'opération et d'entretien pour ces types de prises d'eau. Ces critères seront intégrés à un guide à l'intention des municipalités.

Stabilité du sous-sol dans le chenal de l'île

Le pont de l'île d'Orléans construit en 1935 doit être remplacé. La stabilité du sol au fond du fleuve Saint-Laurent est un facteur déterminant pour le choix de l'emplacement du nouveau pont. De plus, Hydro-Québec envisage de faire passer une conduite d'alimentation électrique sous le fleuve. Une équipe de chercheurs a donc été mandatée pour effectuer des relevés sismiques dans le chenal nord de l'île d'Orléans dans le but de déterminer la nature et la position des différentes couches de sol jusqu'au substrat rocheux.

Un gisement qui vaut de l'or

Plusieurs mines d'or sont exploitées dans la région de l'Abitibi-Témiscamingue. On pourrait croire que le potentiel pour de nouvelles mines est épuisé, mais on a récemment découvert que le gisement Westwood, près de Rouyn-Noranda, recèle des ressources en or de classe mondiale. Il contient également d'autres métaux précieux (argent) et usuels (zinc, cuivre). Les chercheurs analysent la géochimie des zones minéralisées de ce gisement et étudient sa géométrie grâce à l'analyse structurale. Ces connaissances contribueront à optimiser l'exploration pour ce type de gisement.



Grands thèmes abordés et chercheurs impliqués

GÉOPHYSIQUE

Bernard Giroux | Géophysique appliquée
bernard.giroux@ete.inrs.ca

Erwan Gloaguen | Géophysique et géostatistiques
erwan.gloaguen@ete.inrs.ca

Bernard Long | Sédimentologie marine
bernard.long@ete.inrs.ca

HYDROGÉOLOGIE

René Lefebvre | Eaux souterraines
rene.lefebvre@ete.inrs.ca

Richard Martel | Eaux souterraines
richard.martel@ete.inrs.ca

Claudio Paniconi | Modélisation hydrogéologique
claudio.paniconi@ete.inrs.ca

ENVIRONNEMENTS GÉOLOGIQUES ET RESSOURCES NATURELLES

Lyal Harris | Géologie structurale et géophysique
lyal.harris@ete.inrs.ca

Michel Malo | Géologie structurale
michel.malo@ete.inrs.ca

Marc Richer-Laflèche | Géosciences appliquées
marc.richer-lafleche@ete.inrs.ca

Pierre-Simon Ross | Volcanologie et géologie économique | pierre-simon.ross@ete.inrs.ca

PALÉOENVIRONNEMENTS

Yves Bégin | Dendroécologie
yves.begin@ete.inrs.ca

Pierre Francus | Limnogéologie
pierre.francus@ete.inrs.ca

Quelques publications récentes

(Les auteurs de l'INRS-ETE sont en **gras**)

- **Cuven, Stéphanie**, **Pierre Francus** et S. Lamoureux (2010). Estimation of grain size variability with micro X-ray fluorescence in laminated lacustrine sediments, Cape Bounty, Canadian High Arctic. *Journal of Paleolimnology*, 44(3): 803-817.
DOI: 10.1007/s10933-010-9453-1

- **Giroux, Bernard** et M. Chouteau (2010). Quantitative analysis of water content estimation errors using Ground Penetrating Radar data and a low-loss approximation. *Geophysics*, 75(4): WA241-WA249.
DOI: 10.1190/1.3464329

- Godin, L., C. Yakymchuk et **Lyal B. Harris** (2011). Himalayan hinterland-verging superstructure folds related to foreland-directed infrastructure ductile flow: Insights from centrifuge analogue modelling. *Journal of Structural Geology*, 33(3): 329-342.
DOI: 10.1016/j.jsg.2010.09.005

- **Laporte-Saumure, Mathieu**, **Richard Martel** et **Guy Mercier** (2010). Evaluation of physicochemical methods for treatment of Cu, Pb, Sb, and Zn in Canadian small arm firing ranges backstop soils. *Water Air & Soil Pollution*, 213(1-4): 171-189.
DOI: 10.1007/s11270-010-0376-2

- **Paradis, Daniel**, **René Lefebvre**, R.H. Morin et **Erwan Gloaguen** (2011). Permeability profiles in granular aquifers using flowmeters in direct-push wells. *Ground Water*, 49(4): 534-547.
DOI: 10.1111/j.1745-6584.2010.00761.x

- **Ross, Pierre-Simon**, **Séverine Delpit**, M.J. Haller, K. Németh et H. Corbella (2011). Influence of the substrate on maar-diatreme volcanoes – an example of a mixed setting from the Pali Aike volcanic field, Argentina. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 201(1-4): 253-271.
DOI: 10.1016/j.jvolgeores.2010.07.018

- **Sulis, Mauro**, **Claudio Paniconi**, C. Rivard, R. Harvey et D. Chaumont (2011). Assessment of climate change impacts at the catchment scale with a detailed hydrological model of surface-subsurface interactions and comparison with a land surface model. *Water Resources Research*, 47: W01513.
DOI: 10.1029/2010WR009167

- **Xhardé, Régis**, **Bernard F. Long**, et D.L. Forbes (2011). Short-term beach and shoreface evolution on a cuspate foreland with airborne topographic and bathymetric Lidar. *Journal of Coastal Research, Special Issue* (62): 50-61.
DOI: 10.2112/SI_62_6

Une variété de partenaires de recherche

- Consortium Ouranos sur la climatologie régionale et l'adaptation aux changements climatiques
- Dessau et Roche
- Gouvernement du Canada (Défense; Justice; Ressources naturelles)
- Gouvernement du Québec (Affaires municipales et Régions; Développement durable, Environnement et Parcs; Ressources naturelles et Faune)
- IAMGOLD
- Les Mines J.A.G.
- Réseau DIVEX (Diversification de l'exploration minérale au Québec)

INRS
Université d'avant-garde

Centre Eau Terre Environnement
Institut national de la recherche scientifique
490 de la Couronne | Québec (QC) Canada | G1K 9A9
418.654.2524 | info@ete.inrs.ca | www.ete.inrs.ca

Une meilleure gestion des matières résiduelles est nécessaire à une utilisation durable des ressources naturelles

Les défis auxquels est confrontée la société d'aujourd'hui en matière de récupération et de valorisation des déchets demandent une adaptation continue des méthodes et technologies utilisées.

Le Centre Eau Terre Environnement est un chef de file dans le développement de technologies environnementales. Ses chercheurs ont une vaste expérience des technologies de traitement et valorisation des boues d'épuration, d'effluents et de résidus contaminés. De plus, le Centre possède un parc d'équipements pilotes et d'instruments analytiques des plus complets et flexibles pour les projets de recherche et développement. Les procédés élaborés au Centre font régulièrement l'objet de brevets et de transferts technologiques vers les entreprises.

Des exemples de recherche appliquée aux défis actuels

Amiante et CO_2 : un mariage prometteur

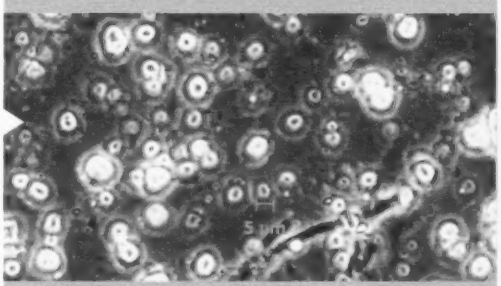
Une voie prometteuse de réduction des gaz à effet de serre est le captage du CO_2 à la source dans les émissions industrielles. L'idée novatrice des chercheurs est d'utiliser des résidus miniers basiques, comme ceux de l'industrie de l'amiante que le Québec possède en grande quantité, pour les faire réagir avec le CO_2 et former des carbonates. Ce procédé offre un potentiel doublement intéressant, car il transforme des fibres d'amiante en un produit sécuritaire et permet d'obtenir des concentrés métalliques pouvant éventuellement être commercialisés.

Attention! matières dangereuses

Les matières dangereuses ne portent pas ce nom pour rien; elles ne doivent pas en temps normal se retrouver dans l'environnement. Un site d'enfouissement qui n'est plus étanche cause une contamination des eaux souterraines par des ions fluorures, chlorures et de l'azote ammoniacal. Pour y remédier, trois combinaisons de traitements sont testées en laboratoire afin d'évaluer leur performance à réduire les concentrations de ces polluants sous les normes acceptables. Le traitement le plus performant sera examiné pour une application sur le terrain.

Un goût sans compromis

Les microbrasseries du Québec produisent des bières de spécialité recherchées par les amateurs de goûts différents. Mais faire une bonne bière n'est pas chose facile! La production nécessite plusieurs étapes. Celle de la séparation solide-liquide est une étape clé, car le goût et l'odeur du produit fini ne doivent en aucun cas être compromis. Ce projet de recherche teste l'utilisation de nouveaux floculants biodégradables afin d'optimiser le procédé de séparation en partant d'essais en laboratoire jusqu'à l'application commerciale.



Grands thèmes abordés et chercheurs impliqués

ASSAINISSEMENT ENVIRONNEMENTAL

Jean-François Blais | Décontamination
jean-francois.blais@ete.inrs.ca

Patrick Drogui | Électrotechnologies
patrick.drogui@ete.inrs.ca

Guy Mercier | Décontamination et valorisation
guy.mercier@ete.inrs.ca

Normand Tassé | Géochimie
normand.tasse@ete.inrs.ca

VALORISATION DE RÉSIDUS ET BIOMASSES

Mario Bergeron | Chimie minérale et environnementale
mario.bergeron@ete.inrs.ca

Satinder Kaur Brar | Contaminants émergents
satinder.brar@ete.inrs.ca

Rajeshwar Dayal Tyagi | Bioconversion
rd.tyagi@ete.inrs.ca

Quelques publications récentes

(Les auteurs de l'INRS-ETE sont en **gras**)

- **Adjallé, Kokou D.**, **Dang Khanh Vu**, **Rajeshwar Dayal Tyagi**, **Satinder Kaur Brar**, J.R. Valéro et R.Y. Surampalli (2011). Optimization of spray drying process for *Bacillus thuringiensis* fermented waste water and wastewater sludge. *Bioprocess and Biosystems Engineering*, 34(2): 237-246. DOI: 10.1007/s00449-010-0466-y

- Janin, A., **Lucie Coudert**, **Pauline Riche**, **Guy Mercier**, P. Cooper et **Jean-François Blais** (2011). Application of a CCA-treated wood waste decontamination process to other copper-based preservative-treated wood after disposal. *Journal of Hazardous Materials*, 186(2): 1880-1887. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2010.12.094

- **Mohapatra, Dipti Prakash**, **Fatma Gassara** et **Satinder Kaur Brar** (2011). Nanoparticles - production and role in biotransformation. *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, 11(2): 899-918. DOI: 10.1166/jnn.2011.3044

- **Tran, Lan-Huong**, **Patrick Drogui**, **Guy Mercier** et **Jean-François Blais** (2010). Comparison between Fenton oxidation process and electrochemical oxidation for PAH removal from an amphoteric surfactant solution. *Journal of Applied Electrochemistry*, 40(8): 1493-1510. DOI: 10.1007/s10800-010-0128-4

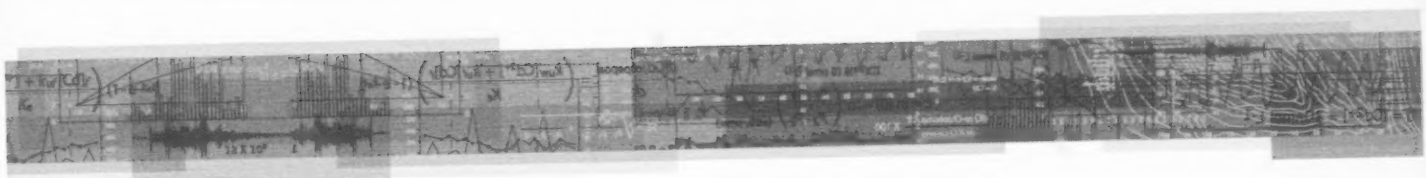
- Zidane, F., K. Cheggari, **Jean-François Blais**, **Patrick Drogui**, J. Bensaid J. et S. Ibn Ahmed (2010). Contribution à l'étude de l'effet de la coagulation avant chloration sur la formation des trihalométhanes (THM) et composés organohalogénés (COX) dans les eaux alimentant la ville de Casablanca au Maroc. *Revue canadienne de génie civil*, 37(8): 1149-1156. DOI: 10.1139/L10-065

Un exemple de brevet

- **Bergeron, Mario** et **Alain Langlais** (2011) et (2009). $GeCl_4$ and/or $SiCl_4$ recovery process from optical fibers or glassy residues and process for producing $SiCl_4$ from SiO_2 rich materials. [Patent Republic of South Africa: 2010/04683] et [Brevet international PCT: CA 2008-002106]

Une variété de partenaires de recherche

- Filter Innovations
- Gouvernement du Québec (Agriculture, Pêcheries et Alimentation; Développement durable, Environnement et Parcs; Relations internationales)
- La Barberie
- Premier Tech
- Société de protection des forêts contre les insectes et maladies (SOPFIM)
- Tecosol



INRS
Université d'avant-garde

Centre Eau Terre Environnement
Institut national de la recherche scientifique
490 de la Couronne | Québec (QC) Canada | G1K 9A9
418.654.2524 | info@ete.inrs.ca | www.ete.inrs.ca

Hydrologie

Hydrologie des bassins versants

Monique Bernier a poursuivi son implication au sein du réseau ArcticNet (www.arcticnet.ulaval.ca) dont le financement a été renouvelé en 2011. L'équipe de cette chercheure se concentre sur le développement d'algorithmes pour cartographier la couverture et l'épaisseur de la neige afin de les relier au régime thermique des sols pergélisolés. Elle a complété son implication au sein d'un projet de l'Année polaire internationale qui visait à adapter, pour la toundra, les algorithmes de cartographie et de suivi saisonnier du gel au sol à partir de données combinées SSM/I et RADARSAT. Son équipe a de plus effectué deux contrats en collaboration avec des chercheurs d'Agriculture et Agroalimentaire Canada, l'un portant sur la dynamique du gel dans les sols en fonction des propriétés pédologiques (granulométrie, matière organique, drainage), et l'autre sur la reconnaissance des résidus de culture à partir d'images optiques du satellite SPOT-4.

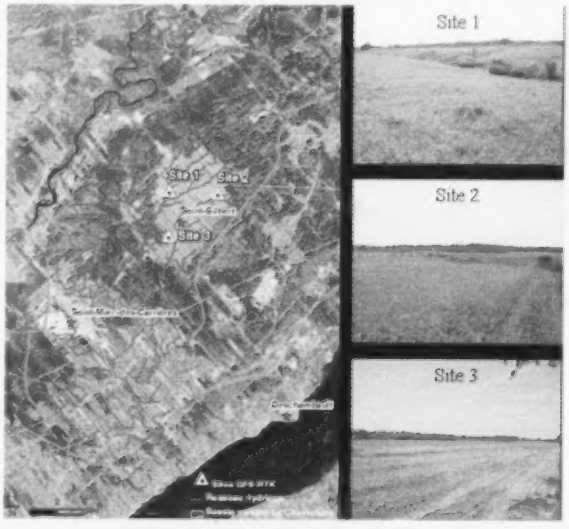
North Hydrology est une collaboration entre cinq pays nordiques piloté par l'Université de Waterloo et financé par l'Agence spatiale européenne. Dans ce projet, l'équipe de **Monique Bernier** poursuit le développement d'outils de suivi par télédétection de la dynamique des glaces en rivière, dont l'algorithme IceMap et les outils SIG du projet FRAZIL. Les produits développés seront intégrés aux systèmes de prévision des inondations.

L'équipe de cette chercheure a poursuivi le projet appuyé par le consortium Ouranos (www.ouranos.ca) sur le comportement des glaces côtières près de six communautés du Nunavik. Le projet vise une caractérisation historique des glaces grâce aux observations des résidents et à une surveillance par caméra ainsi qu'une caractérisation spatiale à l'aide d'imagerie satellitaire. De plus, l'équipe collabore au développement d'activités concrètes d'apprentissage des sciences adaptées pour les élèves du secondaire du Nunavik. Les objectifs sont de mieux outiller les enseignants à transmettre les connaissances en lien avec les changements climatiques et inciter le milieu scolaire à s'impliquer dans le suivi environnemental. Le volet télédétection propose des activités pour initier les jeunes à l'imagerie satellitaire et à son utilité grâce à un suivi de la glace.

Dans le cadre du réseau stratégique WESNET (www.wesnet.ca), cette chercheure développe avec son équipe de nouvelles approches pour estimer et cartographier la ressource éolienne en régions côtières en utilisant des images RADARSAT-1 et 2. La région des îles de la Madeleine présente un grand intérêt pour les projets éoliens et servira à valider les travaux.

Karem Chokmani s'intéresse au développement d'approches stochastiques de suivi spatiotemporel du couvert nival à l'aide des données de télédétection. Il collabore en ce sens avec l'Institut de recherche d'Hydro-Québec à une cartographie en temps quasi réel de l'étendue du couvert nival. Le projet comprend le développement d'un algorithme à partir d'images du capteur optique NOAA-AVHRR, une comparaison des algorithmes disponibles pour différents capteurs, et l'élaboration d'une approche basée sur les résultats d'un ensemble d'algorithmes.

L'équipe de ce chercheur a amorcé un nouveau projet visant à développer une méthodologie de caractérisation des bandes riveraines à l'aide de l'imagerie satellitaire de très haute résolution spatiale et de la classification orientée-objet. Cette méthodologie sera utile aux gestionnaires de bassins versants afin de dresser un portrait des bandes riveraines pour ensuite évaluer leur efficacité.



Les trois sites dans le bassin versant de la rivière La Chevrotière qui sont utilisés pour tester la méthodologie de caractérisation des bandes riveraines

En collaboration avec des chercheurs du Maroc et de la Tunisie, deux pays où la salinisation des sols est une problématique importante, **Karem Chokmani** mène un projet de cartographie et de suivi de la salinité des sols par télédétection radar. L'objectif est d'étudier le potentiel des données radars à synthèse d'ouverture (RSO) dans deux sites, un au centre du Maroc et l'autre en Tunisie centrale, à l'aide de l'approche de classification orientée-objet.

Le programme de recherche d'**Alain N. Rousseau** porte sur l'amélioration de la modélisation hydrologique distribuée et son application dans un contexte de gestion intégrée de l'eau par bassin versant. Avec son équipe, il poursuit l'adaptation du modèle HYDROTEL au milieu boréal amorcée dans un précédent projet en partenariat avec le consortium Ouranos et Hydro-Québec. La présente phase comprend trois grandes activités : 1) modélisation des processus hydrologiques, 2) calage et analyses de sensibilité, d'identifiabilité et d'incertitudes, et 3) amélioration des plateformes informatiques HYDROTEL et PHYSITEL. Dans un autre projet Ouranos, l'équipe de ce chercheur collabore avec le Centre d'expertise hydrique du Québec afin d'intégrer l'impact des changements climatiques dans le calcul des crues maximales probables pour l'évaluation de la sécurité des barrages. **André St-Hilaire** collabore au premier projet et **Alain Mailhot** aux deux projets.

L'équipe d'**Alain N. Rousseau** est impliquée dans deux autres projets Ouranos liés aux changements climatiques. Le premier vise à évaluer l'impact des systèmes agroforestiers sur les processus hydrologiques et l'érosion des sols. Le deuxième porte sur le développement d'outils d'analyses hydrologique, économique et spatiale des services écologiques procurés par les milieux humides des basses terres du Saint-Laurent.

Ce chercheur réalise deux projets pour le compte d'Agriculture et Agroalimentaire Canada. Dans le premier, il rédige un rapport sur la méthode et les résultats du calcul de l'indice topographique (basé sur des modèles numériques d'altitude et des données géospatiales) appliqué à l'ensemble des terres agricoles du Canada. Dans le second, il modélise certaines pratiques de gestion bénéfiques en milieu agricole (bandes riveraines, drains souterrains) pour la qualité de l'eau des bassins versants. **Claudio Paniconi** et **Pierre Lafrance** contribuent à ce dernier projet.

Le projet AQUALYSE 2 du consortium Ouranos a été complété cette année. Des bilans hydrologique et des flux de GES d'une tourbière « aqualysée » de la baie James ont été réalisés. Les équipes de **Monique Bernier**, **Karem Chokmani**, **Alain N. Rousseau** et **André St-Hilaire** ont participé à ce projet piloté à l'Université Laval.

Le programme de recherche de **Jean-Pierre Villeneuve** porte sur la modélisation mathématique appliquée à la gestion de l'eau par bassin versant incluant l'utilisation du logiciel GIBSI. Il poursuit sa collaboration avec des chercheurs du Vietnam dans le but d'instaurer dans ce pays cette approche de gestion de l'eau.

Hydrologie urbaine

Le programme de recherche de **Sophie Duchesne** porte sur la modélisation mathématique appliquée aux infrastructures municipales d'eau (réseaux d'égout et d'aqueduc) ainsi qu'à la gestion des ressources en eau en milieu urbain. Son équipe développe des modèles permettant de prédire la détérioration structurale en fonction du temps des conduites d'aqueduc et d'égout en collaboration avec **Jean-Pierre Villeneuve**.

La Ville de Québec a également mandaté **Sophie Duchesne** pour identifier les sources de pollution pouvant affecter la qualité de l'eau de la rivière Saint-Charles et du fleuve à proximité des plages et proposer des pistes d'intervention. Le contrat incluait aussi une quantification du lien entre les débordements du réseau d'eaux usées et la qualité des cours d'eau récepteurs.

L'équipe d'**Alain Mailhot** est impliquée dans un projet du consortium Ouranos sur la gestion des eaux pluviales en milieu urbain dans le contexte des changements climatiques. L'objectif est d'analyser la performance des infrastructures et d'évaluer diverses mesures d'adaptation. Cette équipe participe à un autre projet analysant les extrêmes de précipitation simulés par le Modèle régional canadien du climat pour le sud du Québec. L'analyse fréquentielle locale et régionale est utilisée et autant le climat actuel que les projections d'un climat futur sont considérés. **Sophie Duchesne** collabore au premier de ces deux projets.

Dans le cadre du projet d'Atlas agroclimatique du Québec, **Alain Mailhot** et son équipe analysent les tendances de plusieurs indices agroclimatiques en se basant sur des données journalières de température et de précipitation compilées par les ministères de l'environnement du Québec et du Canada. Ils participent également au développement d'un outil de prédiction hydrologique adapté à la conception d'ouvrages hydro-agricoles qui prend en compte l'évolution récente en lien avec les changements climatiques, des intensités, des durées et des fréquences des précipitations et des redoux hivernaux.

Hydraulique environnementale

Le programme de recherche de **Normand Bergeron** porte sur la géomorphologie fluviale de l'habitat d'hiver des salmonidés. Son équipe a poursuivi ses travaux sur l'utilisation de la technologie des transpondeurs passifs intégrés pour modéliser la capacité des ombles de fontaine à franchir des ponceaux de différents types. Dans un nouveau projet, ce chercheur étudie les ponceaux des chemins forestiers en forêt boréale au Saguenay-Lac-Saint-Jean afin de déterminer leurs impacts sur les populations d'omble de fontaine. Il s'attarde au succès de passage des poissons à l'échelle du ponceau alors qu'à l'échelle du sous-bassin versant, il analyse l'effet cumulatif des ponceaux actifs et abandonnés sur la fragmentation de l'habitat fluvial. **Patrice Couture** et **Taha B.M.J. Ouarda** contribuent à ce projet.

Normand Bergeron, en collaboration avec **Patrice Couture**, s'intéresse à l'algue didymo (*Didymosphenia geminata*), une algue envahissante apparue récemment dans les rivières du Québec et du Nouveau-Brunswick. Celle-ci peut former des tapis mucilagineux qui modifient les caractéristiques de l'habitat du poisson. Ce projet vise à évaluer l'impact à court et à moyen terme de dydimo sur la production de saumon atlantique juvénile dans le bassin versant de la rivière Restigouche. De plus, le projet du consortium Ouranos sur des outils de modélisation hydrosédimentaire appliqués aux tributaires du fleuve Saint-Laurent a été complété cette année. **Yves Secretan** a collaboré à ce dernier.

Hydronet (www.hydronet.umontreal.ca) est un nouveau réseau candadien dont la mission est de promouvoir le développement durable de l'hydroélectricité et la santé des écosystèmes aquatiques par une meilleure compréhension des impacts. Dans ce réseau, **Normand Bergeron** est responsable d'un projet de caractérisation physique des habitats de lacs et de réservoirs à l'aide d'imagerie aérienne et de techniques hydroacoustiques.

Yves Secretan continue d'offrir du soutien et de la formation pour l'utilisation des logiciels Modeleur/Hydrosim/H2D2. Son équipe travaille aussi à améliorer la performance et la précision du système numérique de modélisation hydrodynamique du fleuve Saint-Laurent (logiciel H2D2).

Hydrologie statistique

L'équipe de **Fateh Chebana** est impliquée dans un projet de coopération internationale en Algérie en collaboration avec l'Université de Biskra. Dans ce pays, la forte évaporation et la sédimentation des ouvrages hydrauliques contribuent au manque d'eau. L'analyse fréquentielle sert à prédire l'occurrence et la fréquence des événements hydrologiques extrêmes, en particulier les sécheresses. L'objectif est double : améliorer la gestion de l'envasement de sites cibles et mieux prévoir les événements extrêmes dans la gestion des ressources en eau. **Taha B.M.J. Ouarda** contribue à ce projet.

Dans un projet en collaboration avec l'Université de Lille 3 (France), **Fateh Chebana** utilise la nouvelle technique prometteuse de l'analyse de données fonctionnelles (ADF) afin de mieux exploiter les informations contenues dans les hydrogrammes (enregistrements des débits d'eau) et ainsi fournir de meilleures prédictions des événements hydrologiques extrêmes.

Le programme de recherche de **Taha B.M.J. Ouarda** porte, entre autres, sur l'estimation des événements hydrométéorologiques extrêmes dans un cadre de changements climatiques. Il est titulaire de la Chaire de recherche du Canada en estimation des variables hydrométéorologiques. La collaboration de son équipe avec Environnement Canada sur l'utilisation de scénarios climatiques à haute résolution pour étudier les impacts des changements climatiques sur les extrêmes hydrologiques (crues, étiages) s'est poursuivie. Ils ont également mis leur expertise en commun avec une équipe belge afin d'améliorer la prévision des précipitations grâce aux modèles bayésiens de fusion de données.

L'équipe de ce chercheur a poursuivi le développement d'une base de données et d'un outil de prédiction des écoulements journaliers pour les bassins non jaugés des Grands Lacs. Cet outil est destiné à la Commission mixte internationale Canada-États-Unis qui appuie la gestion des eaux limitrophes. La Commission a également financé des travaux d'amélioration de la modélisation des composantes de l'apport en eau des bassins. D'autre part, une étude de sensibilité d'un modèle élaboré pour la Garde côtière dans le but de prédire le dégagement sous quille (DSQ) des navires marchands dans la voie navigable du fleuve Saint-Laurent a été réalisée. Un nouveau modèle pour le DSQ est en élaboration.

Le programme de recherche d'**André St-Hilaire** porte, entre autres, sur le développement de modèles statistiques pour prédire le régime thermique et les solides en suspension dans les cours d'eau. Avec son équipe, il cherche à mieux comprendre la variabilité des apports en sédiments dans le port de Saint-Jean au Nouveau-Brunswick en analysant notamment la charge sédimentaire des rivières en fonction de variables hydrométéorologiques. Il a aussi été mandaté pour faire le suivi de la température d'un lac d'une base de plein air de la Ville de Québec afin de vérifier si les variations de température seront atténuées une fois les berges du lac réaménagées.

Au sein du nouveau réseau Hydronet, ce chercheur est responsable du volet examinant la modification du régime thermique des rivières en aval de barrages. Les équipes d'**André St-Hilaire** et de **Normand Bergeron** contribuent à un projet du consortium Ouranos de modélisation des refuges thermiques dans les rivières à saumons dans un contexte de changements climatiques.

André St-Hilaire contribue à un projet visant une gestion forestière durable en milieu tourbeux. Un suivi des matières en suspension et des débits en amont et en aval de parcelles de forêt coupées permettra d'analyser les modifications à la quantité et à la qualité de l'eau. Il est de plus responsable du volet hydrologie dans un projet traitant de l'impact des changements climatiques sur l'érosion des berges de certains affluents du fleuve Saint-Laurent. Ce projet est réalisé avec des collègues de l'Université de Montréal. Son équipe a aussi eu le mandat de faire l'analyse statistique de l'adéquation des réseaux de stations de mesure de la qualité de l'eau en rivière en Saskatchewan et pour le lac Winnipeg. Ce mandat a été réalisé en collaboration avec **Taha B.M.J. Ouarda**.

Les équipes de ces deux chercheurs ont poursuivi le projet en partenariat avec Hydro-Québec sur les outils statistiques de dimensionnement et d'opération des ouvrages hydrauliques en fonction des débits d'eau et de variables climatiques. Ils ont également complété leur participation à une initiative internationale qui avait pour objectif de développer des scénarios probabilistes de changements régionaux dans la variabilité et les extrêmes climatiques.

Biogéochimie et problématiques de contamination

Géochimie environnementale

Charles Gobeil poursuit des recherches visant à documenter la contamination omniprésente dans le milieu aquatique, à identifier les réactions impliquant les contaminants dans les sédiments et à déterminer *in situ* les vitesses de ces réactions et leurs constantes. Il a contribué à développer un modèle du transport réactif de l'arsenic dans les sédiments qui n'est pas soumis à la contrainte d'un état stationnaire. Les approches mises de l'avant dans ces recherches sont pertinentes dans le contexte d'une exploitation accrue des ressources minérales du Nord-du-Québec planifiée par la province.

D'autres travaux portent sur le cycle du carbone organique et d'éléments sensibles aux changements d'oxydoréduction de la matière organique comme le manganèse et le fer dans les sédiments de la marge continentale arctique de l'Amérique du Nord. Ceux-ci permettent de proposer des bilans de masse des entrées et des puits des éléments dans l'océan Arctique et révèlent l'importance des fluctuations du niveau de la mer comme source de changements biogéochimiques dans cet océan.

Le programme de recherche de **Pierre Lafrance** porte sur les processus d'atténuation, le transport et le devenir des pesticides en milieu agricole dans un but de réduire la contamination de l'eau. Les études *in situ* sur le transfert de pesticides vers les eaux de surface et souterraines sont réalisées à l'échelle de la parcelle cultivée et du sous-bassin versant. On évalue entre autres la performance d'atténuation de bandes enherbées. Ces travaux contribuent à la modélisation du transport des pesticides vers les hydrosystèmes (collaboration d'**Alain N. Rousseau**) et à l'application d'outils d'évaluation des risques de contamination.

Dans le cadre de l'évaluation des pratiques de gestion bénéfiques (PGB) menée par Agriculture et Agroalimentaire Canada, **Pierre Lafrance** étudie le devenir de deux composés herbicides dans le microbassin du Bras d'Henri (près de Québec) dans le but d'évaluer la performance de PGB (bandes riveraines enherbées et arbustives et voies d'eau engazonnées) afin de limiter le transfert d'herbicides vers les eaux de surface.

Écotoxicologie aquatique

Peter G.C. Campbell a amorcé une nouvelle phase de son programme de recherche portant sur la spéciation, la biodisponibilité et la toxicité dans le milieu aquatique. L'objectif est d'élucider les relations entre les formes des métaux (c.-à-d. leur spéciation) et leurs effets biologiques. Il s'intéresse à la spéciation des métaux à la fois dans les eaux naturelles, à la surface des cellules et dans le milieu intracellulaire. Ce chercheur est titulaire de la Chaire de recherche du Canada en écotoxicologie des métaux. L'équipe de la chaire développe des modèles de bioaccumulation des métaux chez les organismes aquatiques et élabore des méthodes novatrices pour détecter les effets des métaux sur ces organismes et prendre en compte leur capacité à détoxiquer les métaux accumulés. Les autres collègues contribuant aux travaux de la chaire sont **Patrice Couture**, **Paul Drevnick**, **Claude Fortin** et **Landis Hare**.

Le programme de recherche de **Patrice Couture** porte sur les effets combinés de la contamination métallique et des changements climatiques sur les organismes aquatiques. Il examine les mécanismes de toxicité des métaux chez les poissons et leur tolérance en fonction de la température et l'hypoxie.

L'équipe de **Patrice Couture** collabore avec celle de **Peter G.C. Campbell** dans deux projets. Le premier, sur la contamination métallique chez la perchaude, est un partenariat industriel. Il combine des expériences sur le terrain et en laboratoire afin d'identifier la signature spécifique des métaux dans les gènes des poissons. Des chercheurs français sont impliqués dans le second projet qui vise à évaluer les impacts de la contamination de l'habitat sur la santé et la reproduction des anguilles américaines et européennes, des populations en déclin. Les effets des polluants bioaccumulés durant la longue croissance des anguilles en eau douce et qui peuvent être transférés aux gonades et aux muscles durant la migration vers la mer des Sargasses seront examinés.

Le programme de recherche de **Paul Drevnick** porte sur les facteurs environnementaux qui influencent la méthylation du mercure dans les lacs ainsi que sur les effets de ce polluant sur les poissons. Les travaux touchent plusieurs provinces canadiennes et ont pour objectif ultime de faire des recommandations aux gestionnaires des ressources halieutiques. Ce chercheur a amorcé un nouveau projet dans la région de la Mauricie, un point chaud de la contamination par le mercure au Québec. Il étudie les effets de ce métal sur l'anatomie et la physiologie de l'omble de fontaine, un poisson prisé par les pêcheurs. Les populations à risque seront identifiées. Le but est de construire un modèle démographique afin de comprendre les effets écologiques du mercure chez cette espèce et éventuellement chez d'autres.

Un des nombreux lacs du parc de la Mauricie

Le programme de recherche de **Claude Fortin** vise à améliorer les modèles de prédiction de la biodisponibilité des métaux traces en milieu aquatique afin de contribuer à leur protection. Avec son équipe, il a amorcé deux nouveaux projets mettant à profit l'IDEC (indice diatomées de l'Est du Canada), un indice qui à partir d'algues microscopiques permet d'intégrer différents types d'altérations des cours d'eau (principalement l'eutrophisation). Dans le premier projet, on cherche à optimiser l'IDEC pour les rivières de l'Ontario et, dans le second, on utilise cet indice pour évaluer la qualité des cours d'eau du parc de la Gatineau et identifier les sites problématiques.

L'équipe de ce chercheur collabore avec la compagnie Rio Tinto Alcan qui cherche à réduire l'empreinte écologique de ses alumineries au Saguenay-Lac-Saint-Jean, notamment en lien avec les rejets liquides contenant de l'aluminium et du fluorure. Des travaux sont en cours pour mieux comprendre les relations entre la distribution des éléments chimiques en solution et leur biodisponibilité pour les organismes aquatiques à l'aide d'une algue verte unicellulaire comme organisme cible.

Les équipes de **Claude Fortin** et de **Peter G.C. Campbell** participent à un projet de recherche collaboratif mené à l'Université de Montréal sur les nanoparticules à base d'argent (NP-Ag), un nanomatériau de plus en plus utilisé. Ils cherchent à cerner le risque écologique que posent les NP-Ag aux milieux aquatiques récepteurs.

Le programme de recherche de **Landis Hare** porte sur la modélisation de la biodisponibilité, de la bioaccumulation et de la toxicité des métaux traces chez les invertébrés aquatiques en vue de prédire le niveau de contamination des lacs. Ces organismes sont utilisés comme biosentinelles.

Limnologie

La prolifération de cyanobactéries dans les lacs pose plusieurs problèmes. L'équipe d'**Isabelle Laurion**, en collaboration avec celle de **Karem Chokmani**, développe des outils de suivi du phénomène en utilisant des sondes de fluorescence *in vivo* et l'imagerie satellitaire.

L'équipe d'**Isabelle Laurion** est régulièrement sollicitée pour son expertise sur l'eutrophisation des lacs et le suivi des éclosions de cyanobactéries. Par exemple, elle a réalisé une étude limnologique du lac Saint-Charles, le réservoir d'eau potable de la Ville de Québec. Cette chercheure a aussi complété une évaluation des causes et des facteurs de risque liés à l'apparition de fleurs d'eau de cyanobactéries dans certains lacs des terres du Séminaire de Québec.

Cette chercheure et son équipe s'intéressent aux relations entre les changements climatiques, l'eutrophisation des lacs, la prolifération des cyanobactéries et la production de gaz à effet de serre (GES). L'objectif est de comprendre les facteurs qui régissent la variation spatiotemporelle des émissions de GES par les milieux aquatiques en fonction du degré d'eutrophisation. Ces facteurs incluent notamment la présence de macrophytes ou de fleurs d'eau de cyanobactéries, la structure thermique, la profondeur, la présence de microbes responsables de la production/consommation de méthane, ainsi que l'importance de son ébullition.

Les mares thermokarstiques sont un type d'écosystème qui prend de l'ampleur dans les régions nordiques alors que le pergélisol se dégrade. L'équipe d'**Isabelle Laurion** et ses collaborateurs étudient ces mares dans le but d'évaluer leur contribution à l'exportation de carbone vers l'atmosphère et le réseau hydrologique et leur évolution en lien avec les changements climatiques. Ce projet a été financé en partie par le programme CICAT de l'Année polaire internationale. La diversité microbienne de ces mares et leur rôle dans la production de GES sont également examinés. Ce dernier projet fait partie du réseau ArcticNet et des programmes internationaux MERGE et ECOSENSOR.

L'équipe d'**Yves Gratton**, en collaboration avec celles d'**Isabelle Laurion** et d'**André St-Hilaire**, travaille à produire des cartes d'habitat préférentiel des salmonidés dans les trois régions climatiques du Québec en modélisant la température de l'eau et sa concentration en oxygène selon différents scénarios de réchauffement. Cette cartographie sera utile aux gestionnaires de ces espèces très prisées par la pêche sportive.

Océanographie

Le programme de recherche d'**Yves Gratton** porte sur les effets des processus physiques d'échelle moyenne sur la production biologique océanique. Grâce au renouvellement des projets du réseau ArcticNet et à l'instrumentation d'observatoires océaniques à travers l'Arctique canadien, il poursuit avec son équipe des travaux sur les zones de haute productivité planctonique. Dans cette nouvelle phase, ils s'attarderont aux services écologiques rendus et à la susceptibilité aux changements climatiques.

L'équipe de ce chercheur participe à un projet de groupe incluant des pairs des universités Laval et McGill et portant sur la région de l'embouchure du fleuve Mackenzie dans la mer de Beaufort. Son équipe s'intéresse aux impacts de la présence d'eaux atlantiques plus chaudes sur la distribution de la glace à l'aide d'un modèle de circulation pour l'océan Arctique. Ce chercheur a de plus complété sa contribution au projet Circumpolar Flaw Lead System Study de l'Année polaire internationale. Ce projet a examiné les changements climatiques affectant l'Arctique circumpolaire.

Géosciences

Géophysique

Bernard Giroux s'intéresse à la modélisation et à l'imagerie en géophysique appliquée. Avec son équipe, il a utilisé le radar en forage sur le barrage de Mactaquac afin de déterminer la position de l'interface entre le béton et l'argile du barrage en terre

adjacent, information nécessaire à l'entretien du barrage par Énergie Nouveau-Brunswick. Dans le cadre de la chaire sur la séquestration géologique du CO_2, il développe des méthodes de traitement et d'interprétation des données sismiques, électriques et électromagnétiques afin de cartographier les propriétés physiques des aquifères salins profonds envisagés comme réservoir ainsi que pour faire le suivi de l'injection du CO_2 dans ces aquifères.

Les travaux d'**Erwan Gloaguen** sont basés sur l'intégration stochastique de mesures d'imagerie géophysique dans le but d'améliorer nos connaissances sur les propriétés géologiques des sols, à des fins environnementales, minières ou énergétiques. Il s'intéresse à l'intégration multi-échelles de données d'imagerie en géophysique, mais aussi dans le domaine biomédical. Dans le cadre de la chaire sur la séquestration géologique du CO_2, il s'attarde à la caractérisation et à la modélisation des réservoirs potentiels.

Bernard Long et son équipe ont effectué des relevés sismiques dans le chenal nord de l'île d'Orléans visant à déterminer la nature et l'élévation des différentes couches de sol dans le fond du fleuve dans le cadre de deux contrats, un en lien avec la construction d'un nouveau pont et l'autre pour l'installation d'une conduite d'alimentation électrique sous-fluviale. Ils ont réalisé une autre série de mesures géophysiques dans le cadre de la construction d'une infrastructure portuaire en Mauritanie (nord-ouest de l'Afrique). Le but était de déterminer l'épaisseur des sédiments et la position du substrat rocheux afin d'ancrer l'infrastructure dans le roc.

Hydrogéologie

Le programme de recherche de **René Lefebvre** porte sur le développement d'approches novatrices de caractérisation des aquifères dans le but d'élaborer des modèles numériques représentatifs des conditions réelles d'écoulement de l'eau souterraine et de transport des contaminants. Son équipe a poursuivi ses travaux d'hydrogéologie dans le secteur de Valcartier en lien avec la présence de TCE (trichloréthylène) dans l'eau souterraine dans le cadre d'une entente permanente de soutien scientifique et technique avec le gouvernement fédéral.

Ce chercheur et son équipe ont également poursuivi leurs travaux de caractérisation hydrogéologique à l'aide de méthodes hydrauliques, géophysiques, géochimiques et de sondages par enfoncement (piézocône) afin de définir les conditions de migration et d'atténuation du lixiviat de l'ancien site d'enfouissement de Saint-Lambert-de-Lauzon dans le cadre d'une entente avec la régie intermunicipale qui gère le site. Ils ont aussi effectué une modélisation numérique de la migration des gaz (dont le radon) dans une halde de stériles restaurée d'une ancienne exploitation d'uranium. Ces travaux ont été réalisés dans le cadre d'un contrat avec l'entreprise allemande Wismut dans le but de comprendre la migration du radon et de déterminer des mesures de réduction des émissions de ce gaz. **Erwan Gloaguen** collabore à ces deux projets.

René Lefebvre est responsable au sein du Programme d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines (PACES) du projet dans la région de la Montérégie Est. Des travaux d'échantillonnage, des levés géophysiques, des essais hydrauliques et le forage et l'installation de puits d'observation ont été réalisés ou sont en cours. Il s'agit d'un projet d'équipe incluant les chercheurs suivants : **Erwan Gloaguen**, **Richard Martel** et **Claudio Paniconi** (INRS) et Christine Rivard et Michel Parent (CGC-Québec).

Le programme de recherche de **Richard Martel** porte sur la modélisation hydrogéologique de la contamination des eaux souterraines par des matériaux énergétiques (résidus de munitions) d'activités militaires. Avec son équipe, il a poursuivi la caractérisation de la contamination des eaux souterraines, incluant des travaux de terrain et une mise à jour de la base de données, dans les secteurs d'entraînement des bases militaires canadiennes en collaboration avec des chercheurs de la Défense nationale.

Le programme de recherche de **Claudio Paniconi** porte sur l'amélioration de modèles numériques des processus hydrologiques à différentes échelles. Son équipe a finalisé un projet avec le consortium Ouranos visant à modéliser les interactions entre les eaux souterraines et de surface à l'échelle du sous-bassin et du bassin versant de la rivière Châteauguay. Des collègues de l'INRS y ont participé : **René Lefebvre**, **Alain N. Rousseau** et **Jean-Pierre Villeneuve**, ainsi que Miroslav B. Nastev de la CGC-Québec.

Claudio Paniconi a amorcé une nouvelle collaboration avec une équipe italienne afin de favoriser les échanges d'étudiants et de chercheurs sur le thème de la modélisation hydrologique intégrée visant l'amélioration de la gestion des ressources en eau et l'analyse des impacts des changements climatiques. Son équipe a collaboré avec des chercheurs tunisiens et français au développement d'un modèle de gestion intégrée des ressources en eau pour un bassin du Cap Bon en Tunisie. Des études hydrologiques, hydrogéologiques et de qualité des eaux ont été réalisées.

L'équipe de **Claudio Paniconi** collabore avec d'autres équipes de l'INRS (**Normand Bergeron**, **Monique Bernier**, **Karem Chokmani**, **Taha B.M.J. Ouarda**) et de nombreuses autres à l'international à un projet de recherche d'envergure : CLIMB. Les résultats attendus permettront d'évaluer les risques et les vulnérabilités pour les ressources en eau douce dans différentes régions du globe et de concevoir des stratégies appropriées d'adaptation.

Les équipes de **Claudio Paniconi**, **René Lefebvre** et **Richard Martel** sont impliquées dans l'élaboration d'un guide d'implantation de prises d'eau horizontales sous-fluviales et en berges pour les municipalités du Québec basé sur leurs travaux précédents, une revue des infrastructures existantes et des essais en laboratoire.

Environnements géologiques et ressources naturelles

Au sein du laboratoire de simulation physique, numérique et géophysique, **Lyal Harris** et son équipe utilisent la modélisation en centrifugeuse afin de développer des modèles d'écoulement

canalisé (*channel flow*) dans les orogènes dont l'Himalaya népalais. Ils utilisent aussi des modèles en bac à sable pour mieux comprendre la géométrie et l'évolution des bassins sédimentaires, des ceintures de plis-chevauchement et les terrains archéens.

Lyal Harris s'intéresse au rôle des structures de la croûte profonde et du manteau supérieur sur la localisation des minéralisations et la mise en place des kimberlites au Canada, aux États-Unis et dans la péninsule ibérique, ainsi qu'à l'origine des zones sismiques. Avec son équipe, il élabore un nouveau modèle tectonique de la province géologique de Grenville au Québec et de l'état de New York adjacent. Ce modèle met entre autres en évidence les contrôles structuraux de la minéralisation. Son collègue **Marc Richer-Laflèche** et Louise Corriveau de la CGC-Québec collaborent à ce projet.

En Abitibi, **Lyal Harris** collabore avec Jean H. Bédard (CGC-Québec) à un projet d'équipe sur la géologie régionale de la région de Chibougamau et au développement d'un nouveau modèle pour la tectonique archéenne. Il a également démarré un nouveau projet dans la région de Desmaraisville.

Michel Malo s'intéresse au développement de la porosité et de la perméabilité des roches dans les fronts orogéniques dans le but de proposer un modèle d'évolution des réservoirs géologiques potentiels d'hydrocarbures et de gisements métallifères. Il est codirecteur du réseau DIVEX (Diversification de l'exploration minière au Québec, www.divex.ca) dont le financement a été renouvelé en 2011. Son équipe collabore avec des chercheurs de la CGC-Québec, Patrick-Mercier Langevin et Benoît Dubé, et la compagnie IAMGOLD afin de définir le contexte géologique et structural des zones minéralisées du gisement Westwood en Abitibi. Cette propriété recèle d'importantes réserves d'or et d'autres métaux. Le modèle élaboré pour ce gisement pourra être utile à l'exploration ailleurs en Abitibi.

Ce chercheur collabore avec Denis Lavoie de la CGC-Québec à un projet sur le potentiel roche-mère et la maturation thermique dans la région de la baie d'Hudson incluant l'analyse de cinq sondages répartis dans l'ensemble du bassin de Foxe. D'autres travaux de l'équipe de ce chercheur portant sur la maturation thermique, le potentiel roche-mère et la géologie structurale sont également en cours en Gaspésie. Dans cette région, le projet en partenariat avec l'entreprise Pétrolia et l'Institut français du pétrole sur la modélisation 3D des réservoirs d'hydrocarbures et l'évaluation du potentiel pétrolier a été finalisé. Denis Lavoie et Nicolas Pinet de la CGC-Québec étaient impliqués.

Michel Malo est titulaire de la chaire de recherche en séquestration géologique du CO_2 (chaireco2.ete.inrs.ca) qui explore les principales options de séquestration géologique du CO_2 au Québec. Plusieurs autres chercheurs sont impliqués dont **Bernard Giroux**, **Erwan Gloaguen**, **René Lefebvre**, **Marc Richer-Laflèche** et **Normand Tassé** (INRS), ainsi que Mathieu Duchesne (CGC-Québec).

Marc Richer-Laflèche poursuit plusieurs projets financés par Les Mines J.A.G. Avec son équipe, il documente les caractéristiques du gîte polymétallique de Saint-Robert Bellarmin en Beauce. Des levés électromagnétiques, géoélectriques, magnétométriques et de gravité ont été réalisés dans le but de modéliser la présence d'un corps intrusif sous les zones minéralisées et d'étudier les structures d'altération hydrothermale.

Du côté du lac Saint-Jean, les levés gravimétriques terrestres effectués à l'ouest du lac visaient à déterminer la nature des formations géologiques présentes sous les dépôts marins quaternaires. Un levé magnétométrique aquatique a permis de cartographier les contrastes magnétiques afin d'aider à la compréhension de la géologie du bassin. L'objectif de la nouvelle phase en cours est de documenter les propriétés géoélectriques du bassin entre 0 et 1500 m de profondeur. Pour ce faire, un levé de plus de 30 km, le plus long du genre, a été réalisé sur la surface glacée du lac.

Ce chercheur et son équipe ont poursuivi leurs travaux à l'est du lac Témiscouata. Les levés géophysiques et pédogéochimiques réalisés permettent d'expliquer l'origine des concentrations de gaz naturel présentes dans les sols de cette région. Dans le cadre du projet Charlevoix, ils ont complété une étude géophysique des formations quaternaires et du socle rocheux de la vallée du Gouffre qui a permis de définir la distribution des unités géologiques masquées par les argiles marines qui recouvrent l'ensemble de la vallée.

Pierre-Simon Ross et son équipe s'intéressent aux gîtes minéraux associés à l'activité volcanique ou magmatique comme les sulfures massifs volcanogènes (Cu, Zn, Au, Ag), les porphyres (Cu, Mo, W, Au), ou les kimberlites (diamants) et à leur environnement géologique. Leurs recherches sur le fonctionnement des volcans de type maar-diatrème visent une meilleure compréhension de ceux-ci ainsi que des kimberlites. Avec des collaborateurs de l'UQAM, ils étudient des minéralisations de style porphyriques dans la région de la Baie-James.

Le champ volcanique Hopi Buttes en Arizona

L'équipe de **Pierre-Simon Ross** contribue à deux projets dans la région de Matagami. Le premier est une étude de l'architecture volcanique du camp minier de Matagami et des implications pour l'exploration pour les dépôts de sulfures massifs volcanogènes en partenariat avec l'industrie minière. Le second met à profit les équipements du Laboratoire mobile de caractérisation physique, minéralogique et chimique des roches (LAMROC) pour faire l'acquisition et la mise en valeur d'une vaste banque de données multiparamétriques.

Paléoenvironnements

Le programme de recherche d'**Yves Bégin** vise à documenter les crues et les étiages historiques de lacs et de rivières à l'interface des régions boréales et subarctiques en utilisant l'analyse dendrochronologique et les paléosols riverains. Son équipe, en collaboration avec **Pierre Francus**, a poursuivi le partenariat avec le consortium Ouranos, le réseau ArcticNet et le Centre d'études nordiques dans le cadre du projet ARCHIVES (archives.ete.inrs.ca). L'objectif est de documenter les variations hydrologiques et climatiques des derniers 1000 ans dans le secteur boréal du Québec. Christian Bégin et Martine M. Savard de la CGC-Québec y participent comme plusieurs autres chercheurs québécois et européens.

Le programme de recherche de **Pierre Francus** porte sur l'analyse de sédiments laminés de lacs, en particulier dans l'Arctique canadien, afin de reconstruire les climats du passé et ainsi mieux appréhender les changements à venir liés au réchauffement climatique. Il a terminé cette année sa contribution à deux projets. Le premier était une étude intégrée des bassins versants du Haut-Arctique canadien menée à la station Cape Bounty au Nunavut et financée dans le cadre de l'Année polaire internationale. Le second, en équipe, était mené à l'Université Laval et portait sur les émissions de gaz à effet de serre des lacs de thermokarst crées par la fonte du pergélisol dans le Nord du Québec.

Ce chercheur participe à un autre projet de recherche en équipe mené à l'UQAM qui vise à étudier les épisodes climatiques chauds du passé (périodes interglaciaires) dans les hautes latitudes et à utiliser ces données dans des modèles de simulation du climat. Il s'agit d'une contribution au projet Past4Future financé par la Commission européenne.

Ce chercheur est responsable de l'initiative canadienne liée au projet international PASADO (Potrok Aike Lake Sediment Archive Drilling Project, can-pasado.ete.inrs.ca/) dans lequel on étudie les environnements du passé à partir de forages réalisés dans une lagune de la Patagonie argentine. La participation des chercheurs canadiens à ce projet a été rendue possible grâce ICDP-Canada (International Continental Drilling Project, www.icdp-canada.ca), projet dont il est également responsable.

Assainissement environnnemental et valorisation des résidus

Assainissement environnemental

Le programme de recherche de **Jean-François Blais** porte sur le traitement de différentes matrices polluées par des métaux toxiques et d'autres types de contaminants. Il est titulaire de la Chaire de recherche du Canada en décontamination environnementale dont les activités comprennent deux axes : 1) la mise au point de procédés de décontamination de matrices polluées par des métaux et d'autres polluants, 2) le développement de procédés de stabilisation, de conditionnement et de séparation de biomasses.

Les équipes de **Jean-François Blais**, **Guy Mercier** et **Patrick Drogui** ont poursuivi le travail sur le procédé d'extraction des agents de préservation du bois traité à l'arséniate de cuivre chromaté dans le cadre d'un projet en collaboration avec des chercheurs de l'Université de Toronto.

Le programme de recherche de **Patrick Drogui** porte sur les électrotechnologies dans le traitement des eaux et des effluents afin d'éliminer les perturbateurs endocriniens et autres polluants. Avec son équipe, il a poursuivi la collaboration avec des chercheurs français, marocains et tunisiens pour le développement de technologies électrolytiques et membranaires de traitement d'effluents contaminés par des micropolluants organiques et inorganiques. Dans le cadre d'un contrat pour la compagnie Filter Innovation, son équipe a effectué des essais pilotes préindustriels du procédé de traitement par électrocoagulation/électrofloculation (EC-EF) pour différents types d'effluents. Le but était de démontrer l'efficacité du procédé en vue d'applications commerciales. De plus, son équipe et celles de **Jean-François Blais** et **Guy Mercier** sont impliquées dans un partenariat avec l'entreprise Premier Tech visant à mettre au point des unités électrolytiques autonomes pour le traitement des eaux usées résiduaires.

Patrick Drogui a réalisé la première phase d'un projet avec le ministère québécois de l'Environnement visant à mettre au point un traitement pour les eaux souterraines contaminées par des lixiviats issus d'un site d'enfouissement de matières dangereuses qui n'est plus étanche. Trois combinaisons de traitements physico-chimiques et biologiques ont été testées en laboratoire afin d'évaluer leur performance environnementale et économique. **Jean-François Blais** a collaboré à ce projet.

Le programme de recherche de **Guy Mercier** porte sur le développement de procédés pour traiter la contamination mixte de sols et de résidus municipaux et industriels par des métaux qui sont valorisables et des composés organiques hydrophobes (COH).

Guy Mercier a complété, en collaboration avec **Jean-François Blais**, la mise au point du procédé Organométox. Celui-ci permettant de traiter la contamination mixte de sols en combinant, dans une même étape, l'extraction des métaux par lixiviation chimique et des HAP grâce à un nouveau type de surfactant. Le transfert technologique de ce procédé a récemment été effectué vers la société Tecosol. Cette dernière finance avec le gouvernement du Québec un projet de démonstration de technologie verte qui consiste en une usine de traitement des sols à échelle réduite sur le site de la base de Valcartier.

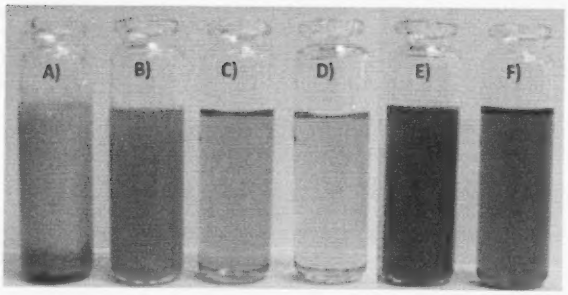
Les équipes de ces deux chercheurs ont collaboré à un projet portant sur le traitement des eaux usées industrielles. L'objectif était de développer des stratégies de traitement pour des effluents problématiques avec le partenaire industriel et trouver une souche microbienne adaptée. Ils ont également poursuivi la mise au point d'une filière de carbonatation minérale utilisant des résidus ultrabasiques provenant de l'industrie de l'amiante. Ces résidus miniers sont riches en cations capables de réagir avec le gaz carbonique pour former des carbonates. Il s'agit d'une voie prometteuse de réduction des GES grâce au piégeage du CO_2 dans les émissions industrielles.

Valorisation de résidus et biomasses

L'équipe de **Mario Bergeron** a poursuivi ses travaux de développement de nouveaux procédés permettant la production de chlorosilanes. Ces composés à base de silicium sont au cœur de la fabrication des fibres optiques, des cellules photovoltaïques, des semi-conducteurs et de la silice pyrogénée.

Le programme de recherche de **Satinder Kaur Brar** porte sur les composés organiques toxiques présents dans les effluents et les boues des stations d'épuration en vue de leur élimination et de leur valorisation. Un de ces composés est le bisphénol A (BPA) pour lequel divers prétraitements ont été testés. C'est l'étape de la valorisation des boues en biofertilisants qui a permis d'éliminer complètement le BPA. Son équipe a aussi réalisé un projet de valorisation des résidus de la transformation des fruits en jus (marc) en des produits réutilisables, comme des enzymes lignolytiques, des antioxydants et une biomasse résiduelle qui peut servir à l'alimentation animale. **Rajeshwar Dayal Tyagi** a collaboré à ce dernier projet.

Satinder Kaur Brar a également amorcé deux nouveaux projets, un en collaboration avec une microbrasserie de Québec et l'autre dans le cadre d'une coopération internationale. Dans le premier, on teste l'utilisation de nouveaux bioflocculants dans le procédé de séparation solide-liquide, une étape complexe de la production de la bière, car aucun compromis ne peut être fait quant au goût et l'odeur du produit fini. Des bioflocculants intéressants sur les plans écologique et économique ont été identifiés et des essais pilotes sont en cours.



Floculation et clarification de bouillon fermenté de microbrasserie. A) contrôle (bouillon fermenté), B) après traitement avec Stabifix, C) traitement avec chitine, D) traitement avec chitosane, E) traitement avec polyphenols, et F) traitement avec chitine après 48 h

Dans le second projet, elle collabore avec des chercheurs du laboratoire de procédés biotechnologiques de l'Université du Paraná au Brésil en vue de produire à l'aide de microorganismes un biocarburant à base d'hydrogène à partir de résidus agro-industriels. L'échange avec les partenaires brésiliens contribuera au développement de la filière des biocarburants au Québec où des déchets de la transformation des fruits, de la pomme de terre, d'animaux (sous-produit : glycérol) pourraient servir à la production de biohydrogène.

Le programme de recherche de **Rajeshwar Dayal Tyagi** porte sur la décontamination des boues d'épuration en vue de leur utilisation comme substrat pour obtenir des produits à valeur ajoutée à l'aide de nouveaux procédés. Il est titulaire de la Chaire de recherche du Canada sur la bioconversion des eaux usées et des boues d'épuration en produits à haute valeur ajoutée.

Ce chercheur et son équipe ont poursuivi les travaux en partenariat industriel visant à produire des protéines pour l'alimentation animale à partir de lactosérum. Ils travaillent à optimiser les procédés de récupération et à développer le produit final. Ils ont entamé une nouvelle phase du développement de formulations du biopesticide Bt contre un insecte ravageur forestier à partir d'eaux usées de l'industrie de l'amidon. Les formulations seront testées à l'échelle pilote et sur le terrain. **Satinder Kaur Brar** collabore à ces deux projets.

INRS
Université d'avant-garde

Infrastructures de recherche

Centre - Eau Terre Environnement

La réalisation de la mission de formation et de recherche appliquée du Centre se fait grâce à l'expertise de haut niveau détenue par ses professeurs-chercheurs ainsi que par le biais de laboratoires, d'installations et d'équipements spécialisés dédiés à l'innovation.

Les principales infrastructures dont le Centre est doté comprennent des laboratoires de recherche modernes, un laboratoire de mise a l'échelle préindustrielle, des infrastructures mobiles ainsi qu'une station de recherche en milieu naturel.

Les **laboratoires de recherche** sont localisés sur le campus urbain de l'Université du Québec au centre-ville de Québec. Ils comprennent un ensemble très complet d'équipements d'analyse essentiels à la recherche avancée ainsi que d'importantes capacités de modélisation et de traitement de données. Le Centre dispose notamment d'une salle blanche de classe 1 000 incluant un espace de travail de classe 100, de salles environnementales pour des expériences à température contrôlée, et d'équipements de préparation d'échantillons géologiques.

Les **laboratoires lourds** sont situés au Parc technologique du Québec métropolitain. Ils servent, entre autres, à la mise à l'échelle des innovations technologiques développées en partenariat avec les entreprises. Dotés d'équipements permettant l'expérimentation préindustrielle essentielle à l'analyse de la viabilité économique des innovations, ces laboratoires constituent un atout majeur pour les entreprises québécoises et canadiennes.

Laboratoires lourds au parc technologique

Le Centre dispose également d'**infrastructures mobiles** permettant de réaliser des travaux spécialisés de décontamination environnementale, d'hydrogéologie et d'analyse géologique.

Une **station de recherche**, située à Sacré-Cœur au Saguenay près de l'embouchure de la rivière Sainte-Marguerite, offre aux équipes de recherche du Centre un espace de travail et de formation dans un environnement naturel exceptionnel. Elle comprend un laboratoire et peut accueillir jusqu'à 30 personnes.

Station de recherche au Saguenay

L'ensemble de ces infrastructures appuie la recherche innovante et appliquée liée à l'hydrologie, la biogéochimie, les géosciences, ainsi qu'à l'assainissement et à la valorisation des matières résiduelles.

Ces puissants outils d'innovation associés à une expertise de haut niveau sont accessibles aux entreprises et aux agences par le biais de projets de recherche collaborative orientée vers leurs besoins spécifiques. Le Centre offre ainsi une opportunité exceptionnelle aux acteurs de l'activité économique et aux organismes législateurs de contribuer à l'amélioration des connaissances tout en servant leur mission respective et en s'appropriant le savoir.

POUR EN SAVOIR PLUS, VEUILLEZ CONTACTER :
Carole Parent, agente de valorisation, carole.parent@ete.inrs.ca, 418 654-2531

LABORATOIRES DE RECHERCHE

Les laboratoires de recherche comprennent un laboratoire général et plusieurs laboratoires spécialisés ainsi que des salles de microscopie et de préparation des échantillons. Les laboratoires spécialisés permettent d'analyser des échantillons d'eau par colorimétrie, fluorométrie, radioisotopie, et chromatographie, ainsi que d'analyser les composés organiques et les métaux traces présents dans différentes matrices (eau, effluents, boues d'épuration, sol, sédiments, tissus biologiques), et enfin d'analyser les éléments présents dans des échantillons solides (roches, sol, sédiments, boues). Les équipements analytiques et les logiciels spécialisés des laboratoires de recherche du Centre répondent aux besoins de connaissance dans de nombreux champs d'applications.

RESPONSABLE DES LABORATOIRES :
Stéfane Prémont, stefane.premont@ete.inrs.ca

Scanographie par microfluorescence X

Analyses non destructives par radiographie couplées à l'analyse chimique par microfluorescence X de roches, de sols et de sédiments

L'« **ITRAX™ Core Scanner** » permet l'acquisition simultanée et à très haute résolution (100 µm) des variations de densité et de structure, de la composition chimique et de l'image de l'échantillon. La microfluorescence X (XRF) permet la mesure de la plupart des éléments allant de l'aluminium à l'uranium. Sa configuration permet d'analyser des demi-carottes et *U-channels* de 1,8 m de long, des roches ou de la poudre.

Une des applications de cet appareil est la reconstitution, à diverses échelles temporelles, du climat du passé de régions peu documentées à partir de l'analyse de sédiments lacustres et marins.

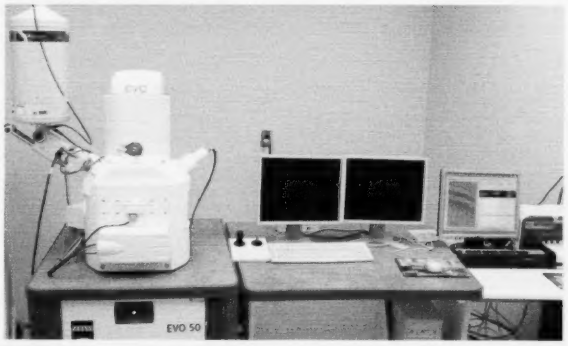
Scanographe de microfluorescence X (ITRAX)

Microscopie électronique à balayage

Basée sur le principe des interactions électrons-matière, cette technologie permet de reconstituer des images en haute résolution de la surface d'un échantillon

Le microscope électronique à balayage (MEB) « **Zeiss EVO® 50** » permet d'obtenir des images de la surface de pratiquement tous les matériaux solides, à des grossissements allant de 100 X à 60 000 X.

Le MEB est équipé de trois types de détecteurs pour différentes applications : Caractérisation morphologique (détecteurs d'électrons secondaires), densité atomique des phases et granulométrie (détecteurs à électrons rétrodiffusés), analyse de la composition chimique et détection de la distribution élémentaire par mapping (détecteur à rayons X). Le MEB peut fonctionner en pression contrôlée permettant l'observation d'échantillons sans métallisation préalable.



Microscope électronique à balayage (MEB)

RESPONSABLE SCIENTIFIQUE :
Pierre Francus, pierre.francus@ete.inrs.ca

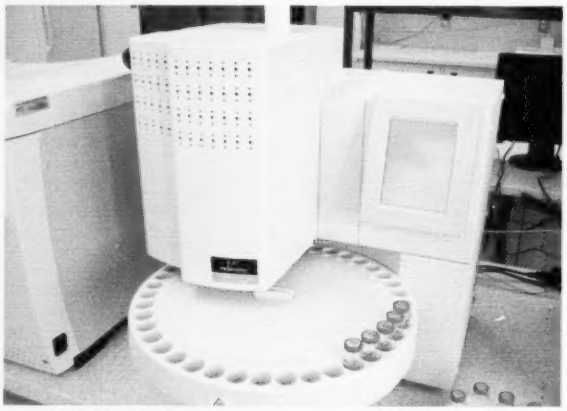
Biogéochimie aquatique et limnologie

Analyse des métaux traces dans des échantillons liquides ou solides (tissus biologiques, matière en suspension, sédiment, sol) et analyse bio-optique

Les principaux équipements sont les suivants :

- Compteurs de particules et de radioactivité (émissions bêta et gamma)
- Spectrophotomètre d'absorption atomique (flamme et four au graphite)
- Spectromètres d'émission atomique et de masse par plasma à couplage inductif (ICP-AES et ICP-MS)
- Appareils de chromatographie liquide, gazeuse et ionique (HPLC, LC-MS-MS, GC, GC-MS)
- Analyseur de mercure

Ces instruments appuient les recherches sur le cheminement des métaux toxiques dans la chaîne alimentaire, la biodisponibilité des contaminants, les impacts des activités anthropiques, et l'évaluation de la sensibilité du milieu naturel.



Appareil de chromatographie en phase gazeuse

Les travaux en limnologie visent à évaluer les effets des changements climatiques sur la dynamique de mélange et la transparence de l'eau en milieu lacustre, et leur interaction avec le réseau alimentaire microbien. La bio-optique permet de caractériser et dénombrer les petites particules (bactéries, picophytoplancton), faire le suivi *in situ* des microorganismes possédant une fluorescence naturelle, décrire leur morphométrie et leur taxonomie et étudier leur physiologie.

RESPONSABLE DES LABORATOIRES :
Stéfane Prémont, stefane.premont@ete.inrs.ca

Télédétection appliquée

Traitement et analyse d'images d'observation de la terre en vue de cartographier et de modéliser les phénomènes liés notamment à la ressource en eau dans un environnement nordique

L'utilisation d'images satellitaires radar (RADARSAT, ASAR, TerraSAR-X) et optiques (GeoEye, Quickbird, Ikonos, NOAA) permet le développement d'applications pour la mesure et le suivi de la ressource hydrique, de la cryosphère (neige, glace, sol gelé) et de la ressource éolienne. Le Centre dispose d'une banque de plusieurs centaines d'images, en plus de logiciels spécialisés pour le traitement et l'analyse de celles-ci (Geomatica®, eCognition, ArcGIS et MATLAB®).

Les mesures réalisées grâce à l'instrumentation de terrain (carottiers à neige, géoradar, GPS, caméra GPS, station météo et sondes d'humidité) permettent l'étalonnage et la validation des algorithmes développés par les chercheurs.

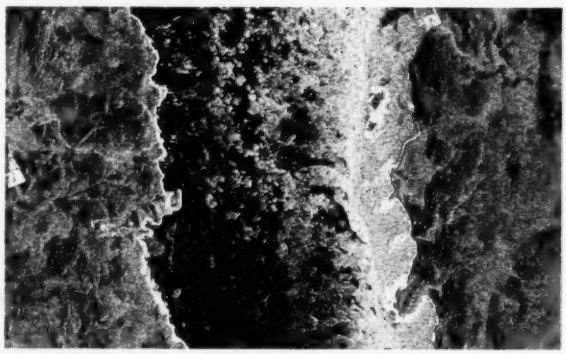


Image RADARSAT-2 centree sur le port de Kuujjuaq (© MDA et Agence spatiale canadienne)

RESPONSABLES SCIENTIFIQUES :
Monique Bernier, monique.bernier@ete.inrs.ca
Karem Chokmani, karem.chokmani@ete.inrs.ca

Hydrologie

Plusieurs logiciels de modélisation hydrologique ont été développés au Centre et sont utilisés pour répondre à des besoins spécifiques de recherche. Des travaux de terrain sont aussi réalisés.

Outils de modélisation hydrologique en appui à l'analyse statistique et à l'hydraulique fluviale

HYFRAN : Logiciel d'ajustement de lois statistiques comprenant un ensemble d'outils mathématiques permettant en particulier l'analyse statistique d'événements extrêmes et de manière plus générale l'analyse statistique de séries de données.
www.ete.inrs.ca/activites/groupes/chaire_hydrol/chaire9.html

H2D2/MODELEUR : H2D2 est un logiciel modulaire et extensible utilisant la méthode des éléments finis pour des applications en hydraulique fluviale. Il peut être couplé à un SIG (MODELEUR). H2D2 est utilisé pour des études liées, entre autres, au génie civil, à la navigation, au transport des sédiments et à la disponibilité d'habitats pour le poisson.
www.gre-ehn.ete.inrs.ca/H2D2

Outils de modélisation hydrologique en appui à la gestion des eaux de surface à l'échelle des bassins versants

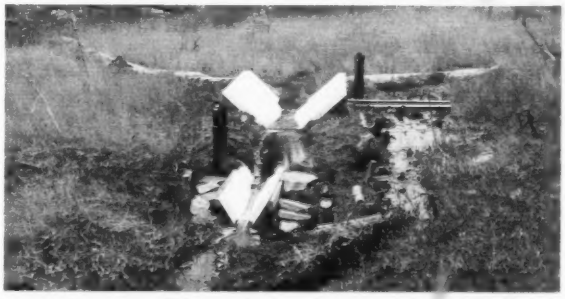
HYDROTEL/PHYSITEL : HYDROTEL est un modèle hydrologique distribué intégrant des données de télédétection et de systèmes d'information géographique (SIG). Il permet de simuler toute une gamme de processus hydrologiques. PHYSITEL est un SIG spécialisé permettant de préparer la base de données de différents modèles hydrologiques distribués. Ces outils sont en demande croissante dans un contexte de développement durable et de changements climatiques pour prévoir les apports aux réservoirs hydroélectriques, déterminer les crues maximales probables afin d'évaluer la sécurité des barrages et déterminer le rôle des milieux humides dans l'hydrologie des bassins versants.
www.ete.inrs.ca/activites/modeles/hydrotel/fr/accueil.htm

GIBSI : Système de modélisation intégrée et de gestion des données attributs et spatiales d'un bassin versant incluant un système de gestion de la base de données et un SIG. GIBSI est un outil d'aide à la décision qui permet aux gestionnaires de l'eau d'explorer divers modes de gestion de l'eau et du territoire à l'échelle du bassin versant (p. ex. : évaluation de pratiques de gestion bénéfiques d'assainissement agricole; gestion des risques de contamination des sources d'eau potable).

Mesures *in situ* en hydrologie boréale

Analyse des propriétés de rétention hydrique, de conductivité hydraulique et d'infiltration sur des colonnes et échantillons de sols à partir de couplages expérimentaux (tables de tension, infiltromètres à disque et double disque et colonnes d'infiltration).

Étude des écoulements à l'échelle de tourbières et à l'échelle de bassins versants (incluant le bilan hydrologique et un suivi isotopique) à partir de capteurs de niveaux de nappe, de stations météorologiques et de canaux trapézoïdaux.



Suivi de l'écoulement d'une tourbière

RESPONSABLE SCIENTIFIQUE :
Alain N. Rousseau, alain.rousseau@ete.inrs.ca

LABORATOIRES LOURDS

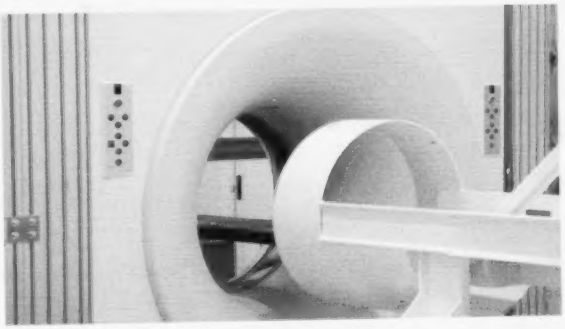
Ces laboratoires regroupent des équipements plus imposants qui ne cadrent pas avec des laboratoires de recherche traditionnels ainsi que des unités préindustrielles de recherche appliquée demandant un environnement de travail plus robuste.

Scanographie

Mesures non destructives des variations internes de corps solides naturels ou artificiels en utilisant les microvariations de la densité pour déterminer la structure interne, les réseaux de fracturation et de microfissuration ainsi que la porosité et l'homogénéité des corps

Cet équipement médical modifié permet l'étude dynamique en 3D des structures et des écoulements de fluides à l'intérieur d'un volume créé à partir d'une acquisition répétée de séquences de 64 images simultanées et d'une définition sous millimétrique sensible à des variations de densité de 0,1 %.

Différents dispositifs confèrent à cet équipement une flexibilité d'application unique. Installé sur des rails de 3,5 m de longueur, le scanographe « **Siemens SOMATOM Sensation 64** » est doté d'une ouverture de 70 cm de diamètre et de couples sources/détecteurs permettant des mesures à 360 ° autour du corps analysé. Il comprend également des outils de mesures tels un granulomètre laser, des aquariums et caissons de pression pour des mesures de bioturbation, ainsi qu'un canal hydraulique pouvant reproduire des courants unidirectionnels, de la houle et des mouvements gravitaires. Ce canal est muni d'instruments de mesure tels que PIV, courantomètres ADCP et ADV, sondes de résistivité, OBS et caméras.



Scanographe SOMATOM Sensation

Les champs d'application de cet équipement sont multiples : génie maritime, génie géologique, hydrogéologie, dynamique sédimentaire, études environnementales, dendrochronologie, micropaléontologie, biologie, écologie marine, biogéochimie, métallogénie, pétrographie et archéologie.

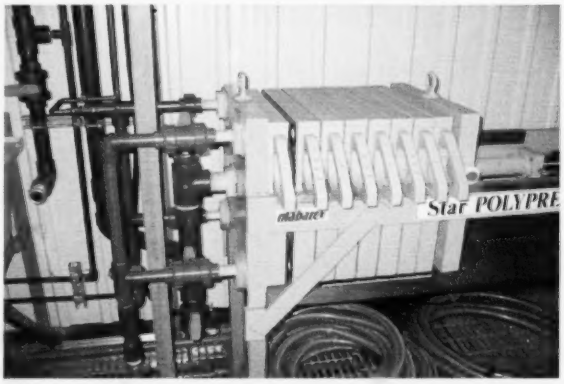
RESPONSABLE SCIENTIFIQUE :
Bernard Long, bernard.long@ete.inrs.ca

Mise en oeuvre de trains technologiques à échelle préindustrielle visant à optimiser ou mettre au point des procédés de décontamination tant en filière liquide que solide impliquant des processus chimiques, physiques, biologiques et électrochimiques

Différentes unités modulaires peuvent être assemblées pour développer une approche de traitement adaptée à un besoin spécifique de décontamination. En filière liquide, il est possible de traiter des eaux souterraines contaminées ainsi que des eaux usées municipales, industrielles ou agroalimentaires. En filière solide, des procédés de décontamination des sols, des matières résiduelles industrielles et dangereuses, et des boues d'épuration peuvent être développés ou optimisés. Certains montages permettent de répondre à des problématiques complexes de contamination mixte ou encore impliquant des contaminants récalcitrants.

Les principales unités modulaires sont les suivantes :

- Décanteur lamellaire
- Bioflottation/biofiltration/réacteur biologique séquentiel
- Filtre presse
- Filtre à plateaux
- Centrifugeuse
- Pressoir rotatif
- Échangeur d'ions
- Colonne d'adsorption
- Unité d'électro-oxydation et d'électrodéposition
- Unité d'électrocoagulation et d'électroflottation
- Unité électromembranaire
- Unités membranaires (microfiltration, ultrafiltration, nanofiltration, osmose inverse)
- Unité voltampérométrique (galvanostat/potentiostat)
- Unité de tamisage
- Séparateur magnétique
- Table à secousses
- Lit fluidisé
- Cellule de flottation



Filtre presse pour la deshydratation des boues

RESPONSABLES SCIENTIFIQUES :
Jean-François Blais, jean-francois.blais@ete.inrs.ca
Patrick Drogui, patrick.drogui@ete.inrs.ca
Guy Mercier, guy.mercier@ete.inrs.ca

Bioprocédés

Mise en oeuvre, à échelle réduite, des principales étapes de transformation biologique de matières résiduelles visant à optimiser ou mettre au point des procédés de conversion en produits à valeur ajoutée

Des unités modulaires représentatives permettent de réaliser toutes les étapes de conditionnement de la matière première, de transformation de la matière et de récupération du produit fini. Dans un espace classé « grade alimentaire », ces équipements servent à développer, optimiser et mettre à l'échelle de nouveaux bioprocédés. Les produits générés peuvent être, notamment, des biopolymères, des biopesticides, des biofertilisants, des biocarburants, des antioxydants, des enzymes et des protéines.

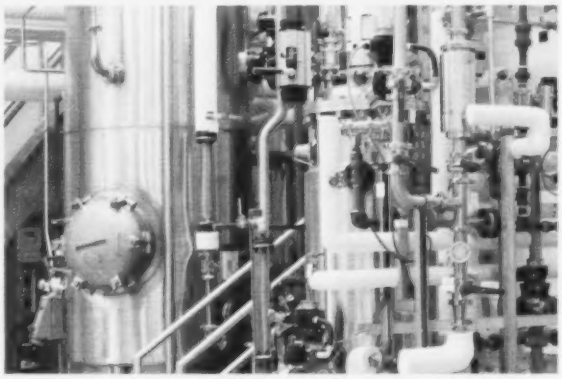
Deux hydrolyseurs d'une capacité respective de 150 et de 2000 litres servent à la préparation du milieu de culture. Pour la fermentation, le complexe dispose de deux lignes de fermentation entièrement instrumentées, chacune disposant de réacteurs d'une capacité respective de 5, 15, 150 et 2000 litres.

À l'étape de la récupération du produit fini, les modules suivants peuvent être utilisés :

- Centrifugeuse en continu
- Unité de microfiltration et d'ultrafiltration
- Système de séparation des protéines par chromatographie et échange d'ions
- Séchoir pour produire de la poudre ou des granules
- Lyophilisateur

Les principaux instruments analytiques complétant l'installation sont les suivants :

- Cytomètre à flux
- Cycleur thermique pour ADN
- Appareil à électrophorèse



Hydrolyseur de 2000 litres

RESPONSABLE SCIENTIFIQUE :
Rajeshwar Dayal Tyagi, rd.tyagi@ete.inrs.ca

Contamination souterraine

Étude du comportement des contaminants dans le sol et mise au point de procédés de traitement *in situ* à une échelle intermédiaire située entre le laboratoire et le terrain

Les principaux équipements suivants permettent de simuler des écoulements souterrains, de suivre le transport des contaminants et d'expérimenter des technologies novatrices de décontamination des sols et de l'eau souterraine, notamment pour des contaminants récalcitrants ou des situations complexes :

- Deux réservoirs de 4 et 9 m^3 pour tester les stratégies de restauration *in situ* munis de puits d'injection, de pompage et d'échantillonnage
- Colonnes en acier inoxydable pour évaluer différentes méthodes passives (atténuation naturelle, mur de réaction)
- Segments de colonnes en acier inoxydable pour comparer différentes méthodes actives (barbotage, ventilation, biodégradation, lavage aux tensioactifs et oxydation chimique)
- Laboratoire réfrigéré à 8 °C pour reproduire la température de l'eau souterraine

Suivi du transfert de contaminants dans des colonnes de sol

RESPONSABLE SCIENTIFIQUE :
Richard Martel, richard.martel@ete.inrs.ca

Géodynamique

Orientation des efforts de prospection minière et pétrolière par l'interprétation structurale et tectonique des données de terrain et géophysiques, ainsi que par la simulation de processus géologiques

Les études de terrain et le traitement avancé des données géophysiques combinés aux méthodes de simulations physique, numérique et géophysique permettent d'interpréter la géométrie et l'évolution des structures géologiques ainsi que de déterminer les contrôles structuraux et tectoniques des gîtes minéralisés et des pièges à pétrole. La tomodensitométrie permet d'observer la déformation progressive des modèles physiques de simulation.

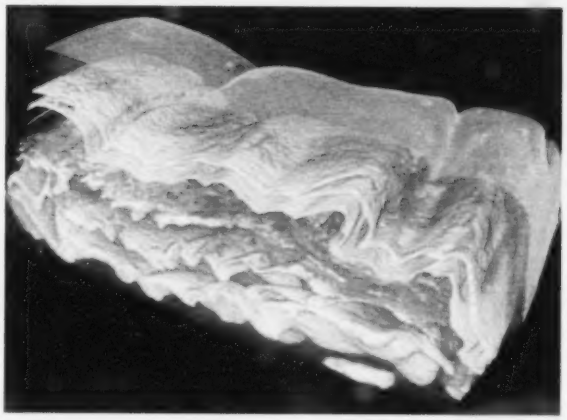


Image en 3D d'un modèle de plissement durant l'écoulement canalisé

Les principaux équipements sont les suivants :

- Stations de travail équipées d'écrans interactifs et de logiciels spécialisés pour le traitement des données géophysiques (Oasis Montaj™ et l'extension GM-SYS 2D, Geosoft), l'analyse géotechnique en 2D (UDEC™ 5.0, Itasca), la reconstruction en 3D (GOCAD®, Gocad Research Group), et l'imagerie PIV (StrainMaster, LaVision)
- Bacs à sable permettant de réaliser des déformations à contrainte et vitesse contrôlées pour simuler la déformation fragile ou fragile–ductile des roches, les effets des structures de socle et la mise en place des plutons
- Centrifugeuse d'accélération élevée permettant la mise à l'échelle de déformation de modèles en pâte à modeler et en mastic de silicone pour simuler la déformation ductile des roches et le diapirisme

RESPONSABLE SCIENTIFIQUE :
Lyal Harris, lyal.harris@ete.inrs.ca

INFRASTRUCTURES MOBILES

Ces infrastructures sont utilisées pour faire des essais et des analyses intégrées directement sur les sites d'intérêt. Un camion-laboratoire de biogéochimie permet notamment de préparer et traiter sur place des échantillons prélevés sur le terrain avant le transport.

Technologies environnementales

Mise à l'essai en conditions réelles de trains de technologies d'assainissement

Cet équipement mobile permet de mettre à l'essai un train de technologies d'assainissement directement sur le site d'où provient l'effluent ou le sol contaminé à traiter. La remorque est spécialement aménagée pour accueillir divers modules pouvant être assemblés de manière à répondre aux besoins spécifiques d'assainissement.

Remorque du laboratoire d'assainissement

RESPONSABLES SCIENTIFIQUES :
Jean-François Blais, jean-francois.blais@ete.inrs.ca
Guy Mercier, guy.mercier@ete.inrs.ca

Caractérisation des aquifères

Développement d'approches de caractérisation détaillée des aquifères sur le terrain permettant une modélisation numérique représentative

Le principal équipement permettant de caractériser les propriétés physiques et géochimiques des aquifères est une foreuse spécialisée Geotech 605. Avec les données recueillies, il est possible de modéliser l'écoulement de l'eau et le transport des contaminants dans les aquifères. Il est également possible d'évaluer la vulnérabilité des aquifères à la contamination, de déterminer les modalités de protection et les modes d'exploitation les plus adaptés en vue d'une gestion durable de la ressource en eau souterraine.

Foreuse Goetech sur le terrain

Cette foreuse sur chenille dispose d'un système d'enregistrement en temps réel et simultané des informations permettant la reconnaissance des matériaux et la détermination de leurs réponses mécanique, électrique et de leur porosité. Elle permet aussi l'échantillonnage du sol ou de l'eau souterraine sans nécessiter l'installation de puits d'observation permanents. Au besoin, le système peut être utilisé pour faire des installations de puits d'observation par enfoncement (sans forage). L'une des têtes de forage sert à faire des sondages par enfoncement (pénétration au cône) jusqu'à 30 m de profondeur dans les dépôts meubles et l'autre est munie d'un marteau pneumatique pour faire des sondages par rotopercussion jusqu'à 50 m dans le roc et les dépôts meubles.

RESPONSABLE SCIENTIFIQUE :
René Lefebvre, rene.lefebvre@ete.inrs.ca

Caractérisation des roches

Système automatisé de mesures simultanées de plusieurs propriétés sur des carottes de forage au diamant – une innovation pour l'exploration minérale

Le système est installé dans une unité mobile. À l'intérieur, les carottes placées sur un convoyeur passent successivement sous les capteurs suivants qui mesurent les principales propriétés physiques, minéralogiques et chimiques de la roche :

- Caméra à haute résolution
- Densimètre gamma
- Laser (mesure d'épaisseur)
- Spectromètre infrarouge et visible
- Susceptibilimètre magnétique
- Spectromètre à fluorescence X (XRF)
- Conductivimètre électrique

Plusieurs instruments portables sont aussi disponibles pour mesurer les propriétés physiques des roches sur le terrain (susceptibilité magnétique, densité, conductivité électrique, rayonnement gamma naturel).

Système automatisé de caractérisation des roches

Les mesures des propriétés physiques peuvent notamment être utiles afin de planifier et d'interpréter les levés géophysiques. Les mesures géochimiques à haute résolution par XRF peuvent par exemple servir à localiser des contacts géologiques cryptiques et à quantifier l'altération hydrothermale. La spectrométrie infrarouge et visible permet pour sa part la reconnaissance des minéraux d'altération.

L'analyse statistique multivariée des données obtenues permet entre autres de mieux distinguer différentes unités géologiques. L'objectif final est de tirer un maximum d'information des carottes de forage, et ce, directement sur les sites d'extraction.

RESPONSABLE SCIENTIFIQUE :
Pierre-Simon Ross, pierre-simon.ross@ete.inrs.ca

Les publications

Revue des Sciences de l'eau
www.rse.inrs.ca

Revue électronique internationale éditée conjointement avec le Groupement d'intérêt scientifique des sciences de l'eau (France).

Publications scientifiques

La liste annuelle des publications et communications scientifiques des chercheurs du Centre peut être consultée en ligne :
www.ete.inrs.ca/ete/publications

La majorité des rapports de recherche, des mémoires et des thèses du Centre sont disponibles sur le site Internet :
www.ete.inrs.ca/ete/publications/rapports
www.ete.inrs.ca/ete/publications/theses-memoires

Capsules INRSciences
www.ete.inrs.ca/ete/publications#Capsules INRSciences

Articles de vulgarisation visant à mettre en valeur et à rendre accessible la recherche menée par les étudiants du Centre.

Les activités d'animation

Midis-conférences
Le Centre présente tout au long de l'année des conférences en lien avec ses domaines de recherche.

Congrès, colloques et ateliers

5-7 juillet 2010 : *Water 2010 – Hydrology, Hydraulics and Water Resources in an Uncertain Environment*, Symposium conjoint de l'ISSH (International Symposium on Stochastic Hydraulics) et de l'ICWRER (International Conference on Water Resources and Environmental Research) tenu à Québec sous la responsabilité du professeur Taha B.M.J. Ouarda avec la participation de nombreux collègues du Centre.

21-23 mars 2011 : 3e atelier international du projet PASADO (Potrok Aike Maar Lake Sediment Archives Drilling Project) tenu à Montréal sous la responsabilité du professeur Pierre Francus.

28 avril 2011 : 3e colloque annuel de la Chaire de recherche en séquestration géologique du CO_2 intitulé *Monitoring du CO_2 aux sites d'injection : l'exemple de Weyburn-Midale* tenu au Centre sous la responsabilité du professeur Michel Malo.
(chaireco2.ete.inrs.ca/?q=fr/colloque_2011)

Le professeur Taha B.M.J. Ouarda (à gauche), organisateur du congrès international Water 2010, accompagné de quelques participants.

L'excellence de la recherche

Plusieurs membres du Centre ont reçu cette année des distinctions soulignant l'excellence de leurs travaux de recherche ou la qualité de leurs communications scientifiques.

En septembre 2010, Rajeshwar Dayal Tyagi a reçu le *Global Honour Award for Applied Research*, un prix de portée internationale remis par l'International Water Association. Ce prix reconnaît l'importance du travail accompli par le professeur Tyagi dans la mise au point de bioprocédés pour traiter et valoriser les eaux usées et les boues d'épuration. Ce professeur a également été honoré pour ses travaux réalisés en partenariat avec la Corporation HET et la Fromagerie Perron lors de l'événement *Célébrons le Partenariat* organisé par l'Association de la recherche industrielle du Québec en collaboration avec le CRSNG.

Le professeur Richard Martel, Angus Calderhead, diplômé au doctorat en 2009, et leurs cosignataires ont reçu le prix du meilleur article publié en 2010 dans la revue *Journal canadien de télédétection/Canadian Journal of Remote Sensing*.

Claudie Beaulieu, une diplômée de 2009 en sciences de l'eau (équipe de T. Ouarda) a obtenu la bourse d'excellence 2010 pour la meilleure thèse de doctorat en sciences et génie décernée par l'Association des doyens des études supérieures au Québec en collaboration avec le FQRNT.

Russel Rogers, un diplômé de 2010 en sciences de la terre (équipe de P.-S. Ross) a reçu la médaille d'argent Léopold-Gélinas 2011 remise par l'Association géologique du Canada pour récompenser le meilleur mémoire de maîtrise dans le domaine de la volcanologie et de la pétrologie ignée.

Lors de la collation des grades de l'INRS tenue le 30 octobre 2010, quatre étudiants du Centre ont vu leurs travaux récompensés. Dominic Ponton (équipe de L. Hare) a reçu le prix du meilleur mémoire de maîtrise en sciences de l'eau, Jérôme Dubé (équipe de N. Bergeron) celui en sciences de la terre et Raoul-Marie Couture (équipe de C. Gobeil) celui de la meilleure thèse de doctorat en sciences de l'eau. Kokou Adjallé, diplômé au doctorat en 2009 (équipe de R.D. Tyagi) a reçu le prix de l'Innovation de l'INRS récompensant un étudiant qui a contribué au transfert technologique vers les entreprises.

Encore en octobre, lors du premier colloque *Les eaux souterraines au Québec*, deux étudiants au doctorat, Martin Blouin (équipe de E. Gloaguen) et Jean-Sébastien Gosselin (équipe de R. Martel) ont mérité respectivement les prix de la meilleure présentation orale et de la meilleure affiche.

En décembre, lors de la réunion scientifique annuelle du réseau ArcticNet, Jessy Barrette (à la maîtrise dans l'équipe de Y. Gratton) s'est distingué par une seconde place au concours d'affiche dans la catégorie Sciences naturelles – mer.

L'effort de vulgarisation

De façon régulière, les chercheurs du Centre donnent des entrevues et contribuent à des articles dans les médias (presse écrite, radio, télévision, Internet) dans leur domaine de spécialité.

L'été 2010 a ramené à l'avant-plan la problématique des cyanobactéries. En août, les chercheurs Patrick Drogui, Isabelle Laurion et Alain Rousseau ont été sollicités à ce sujet à la radio et à la télévision de Radio-Canada.

Le sujet de l'heure de l'automne a été les gaz de schiste. En octobre, l'émission de vulgarisation scientifique *Les Années lumière* de Radio-Canada a fait appel à René Lefebvre en tant qu'expert sur les ressources en eau souterraine dans le cadre d'un reportage sur les gaz de schiste. L'expertise du chercheur en géologie structurale Michel Malo sur ce sujet a été sollicitée à plusieurs reprises par des médias (Canal V, Radio-Canada) et pour des articles de vulgarisation parus en novembre, un dans la revue de l'Ordre des ingénieurs du Québec et l'autre dans *Québec-Science*. Ce chercheur était d'ailleurs l'un des experts invités de la commission du BAPE sur le développement durable de l'industrie des gaz de schiste au Québec.

À la mi-novembre, lors de l'annonce de l'obtention d'une subvention de démonstration de technologies vertes pour le procédé Organométox développé par une équipe du Centre dont fait partie Guy Mercier, ce chercheur a accordé plusieurs entrevues pour la presse écrite et la télévision.

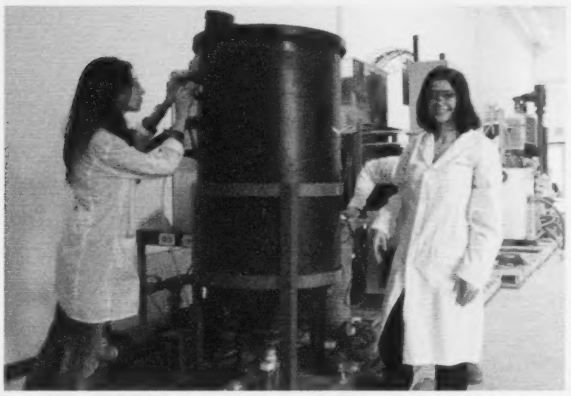
Deux chercheurs du Centre ont contribué à la vulgarisation de leurs travaux sur des sites Internet. Un article scientifique de Paul Drevnick sur la biogéochimie des lacs de l'Arctique publié en octobre a été repris sur le site Internet C&EN (Chemical & Engineering News). Les travaux de Pierre Francus sur l'assèchement graduel du Sahara ont fait l'objet d'un article en décembre dans *Astrobiology Magazine*, une revue en ligne de vulgarisation scientifique reliée à la NASA. L'article a ensuite été repris sur le site de la NASA et dans le journal en ligne *The Huffington Post*.

En février 2011, suite à la participation de Patrick Drogui à la journée annuelle de la recherche du FQRNT qui avait pour thème le fleuve St-Laurent, le journal *Le Nouvelliste* a publié un article rapportant les projets présentés par ce chercheur.

Enfin en avril, l'étudiante-chercheure Carole-Anne Gillis, de l'équipe de Normand Bergeron, a été sollicitée deux fois plutôt qu'une pour parler de son sujet d'étude, l'algue envahissante dydimo (dans *Le Soleil* et à Radio-Canada).

La formation de personnel hautement qualifié

Six programmes de deuxième et troisième cycles sont offerts au Centre Eau Terre Environnement en sciences de l'eau et de la terre. Les programmes interuniversitaires de maîtrise et de doctorat en sciences de la terre sont le fruit d'une collaboration avec le département de Géologie et Génie géologique de l'Université Laval. Les étudiants, inscrits dans l'établissement d'attache de leur directeur de recherche, acquièrent leur formation à la fois à l'INRS et à l'Université Laval.



La stagiaire Asmaa Errachidi et la doctorante Rimeh Daghrir, Laboratoire d'électrotechnologies environnementales et procédés oxydatifs (LEEPO)

Les programmes d'études

www.ete.inrs.ca/ete/etudier/programmes

Deuxième cycle

- Maîtrise en sciences de l'eau
- Maîtrise professionnelle en sciences de l'eau
- Maîtrise en sciences de la terre
- Maîtrise en sciences de la terre – technologies environnementales

Troisième cycle

- Doctorat en sciences de l'eau
- Doctorat en sciences de la terre

Les stages

Le Centre Eau Terre Environnement encourage la venue de stagiaires postdoctoraux pour l'enrichissement de ses équipes de recherche. Des bourses postdoctorales de l'INRS sont disponibles. Le Centre accueille également chaque année des étudiants du premier cycle universitaire pour un stage d'été, une façon stimulante d'acquérir une expérience en recherche.

Stages postdoctoraux à l'INRS :

www.inrs.ca/recherche/stages-postdoctoraux

Stages d'été au Centre :

www.ete.inrs.ca/ete/etudier/projets-etudes-stages

La recherche et l'enseignement

Équipes de recherche

Jean-Christian Auclair (P) Limnologie et géochimie aquatique

Yves Bégin (P) Dendroécologie
- Joëlle Marion (Ag)
- *Antoine Nicault (As)*
- Mathilde Renaud (At)
- Cristian Alvarez (MSc)
- Nanie Ayotte (MSc et *S*)
- *Philippe Boulanger (MSc)*
- Yves Bouthilier (MSc)
- Thibault Labarre (MSc)
- *Pierre-Paul Dion (S)*

Mario Bergeron (P) Chimie minérale et environnementale
- Marie Létourneau (T)
- Alain Langlais (Ag)

Normand E. Bergeron (P) Géomorphologie et habitat fluvial
- Francis Bérubé (T)
- *Dominique Lapointe (As)*
- Marc-André Pouliot (At)
- *Maxime Rousseau (At)*
- Stephen Dugdale (PhD)
- Elsa Goerig (PhD)
- Patricia Johnston (PhD)
- Jean-Baptiste Torterotot (PhD et *At*)
- *Jean-Nicolas Bujold (MSc)*
- *Joanie Côté (MSc)*
- Carol-Anne Gillis (MSc)
- Maxime Grenier (MSc)
- *Maxim Fortin (S)*
- *Anne St-Pierre Provencher (S)*
- *André Boivin (superviseur de la station de recherche)*

Monique Bernier (P) Télédétection
- Yves Gauthier (Ag)
- Jalal Khaldoune (As)
- Clément Clerc (At)
- Jimmy Poulin (At)
- Andrés Jacome (Postdoc)
- Maria Dissanska (PhD)
- Yannick Duguay (PhD)
- Rebecca Filion (PhD)
- Kim Huong Hoang (PhD)
- Parvin Kalantari (PhD)
- *Stéphane Mermoz (PhD)*
- Marion Tanguy (PhD)
- Thomas Bergeron (MSc)
- Stéphanie Bleau (MSc)
- Stéphane De Munck (MSc et *S*)
- Charles Gignac (MSc)
- Karine Labrecque (MSc)
- *Audrey Lessard-Fontaine (MSc)*
- *Jean-Simon Bédard (S)*
- *Florian Lafage (S)*

Jean-François Blais (P) Assainissement et décontamination
- Myriam Chartier (Ag)
- Jihen Ben Khaled (PhD)
- Lucie Coudert (PhD)
- *Samuel De la Rochebrochard (PhD)*
- Dikenane Kombila (PhD)
- Stéphanie Lafond (PhD)
- Nicolas Reynier (PhD)
- *Pascal Castellazzi (MSc)*
- *Marie-Christine Simard (MSc)*
- *Karima Cheggari (S)*
- *Céline Dam Hieu (S)*
- *Soumia El Basri (S)*
- *Mathieu Renouard-Opigez (S)*
- *Adil Rhazzar (S)*

Bernard Bobée (P émérite) Hydrologie statistique
- *Nader Jmour (S)*
- *Ouejdene Samoud (S)*

Satinder Kaur Brar (P) Biovalorisation et contaminants émergents
- M. Ajila Chandran (Postdoc)
- Gurpreet Singh Dhillon (PhD)
- Fatma Gassara (PhD)
- Dipti Mohapatra (PhD)
- *Daphné Champenois (S)*
- *Julie Com (S)*
- *Audrey Dehors (S)*
- *Ibtihel Frouja (S)*
- *Émilie Helouis (S)*
- Surinder Kaur (S)
- *Kalifa Keita (S)*
- Sabrine Metahni (S)
- *Carole Miege (S)*

Légende

P : professeur-chercheur
T : technicien de recherche
Ag : agent de recherche
As : associé de recherche
At : assistant de recherche
Posdoc : stagiaire postdoctoral
PhD : étudiant au doctorat
MSc : étudiant à la maîtrise
S : stagiaire

En italique : diplôme ou départ en cours d'année

Peter G.C. Campbell (P) Géochimie et écotoxicologie aquatique
Séverine Le Faucheur (As)
Bérénice Bougas (Postdoc)
Paula Sanchez-Marin (Postdoc)
Kristin Mueller (PhD)

Fateh Chebana (P) Hydrologie statistique
Alexandre Lekina (Postdoc)
Hussein Wazneh (PhD)

Karem Chokmani (P) Télédétection et hydrologie
Anas El Alem (PhD)
Noumonvi Yawu Sena (PhD)
Yann Dribault (MSc)
Simon Perreault (MSc)
Sophie Roberge (MSc)
Souleymane Konkisre (S)
Magali Wirtensohn (S)

Patrice Couture (P) Écotoxicologie aquatique
Michel Amery Defo (PhD)
Julie Grasset (PhD)
Audrey Moffett (MSc)
Sébastien Bélanger-Deschênes (S)
Dean Ferguson (S)
Charlotte Tingaud (S)

Paul Drevnick (P) Biogéochimie des contaminants
Benjamin Barst (PhD)
Marie-Josée Parino (S)

Patrick Drogui (P) Électrotechnologies et traitement des eaux
Nam Tran (At)
Rimeh Daghrir (PhD et *MSc*)
Mandé Léa Rosine Guitaya (PhD)
Brahima Seyhi (PhD)
François Zaviska (PhD)
Fatou Senghor (MSc)
Raúl Tercero Barrera Contreras (S)
Karima Cheggari (S)
Dorra Ellouze Ladhar (S)
Asmaa Errachidi (S)
Soumia El Basri (S)
Andréa Lambert (S)
David Qintanaya Loya (S)
Adil Rhazzar (S)

Sophie Duchesne (P) Hydrologie et infrastructures urbaines
Nabila Bouzida (At)
Nomessi Kokutse (Postdoc)
Babacar Toumbou (Postdoc)
Thai Nam Pham (PhD)
Lise Audet (MSc)
Jihène Zaiem (MSc)
Guillaume Beardsell (S)
Naoufel Chahid (S)

Anne-Catherine Favre (P) Hydrologie statistique
Thomas-Charles Fortier-Filion (MSc)

Claude Fortin (P) Biogéochimie des métaux
Danaé Pitre (At et MSc)
Bérénice Bougas (Postdoc)
Zhongzhi Chen (Postdoc)
Isabelle Lavoie (Postdoc)
Rachel Olette-Dodson (Postdoc)
Paula Sanchez-Marin (Postdoc)
Jonathan Bernier (PhD)
Anne Crémazy (PhD)
Michel Lavoie (PhD)
Simon Leclair (MSc)
Marc-André Robin (MSc)
Audrey Llevot (S)

Pierre Francus (P) Limnogéologie
Arnaud De Coninck (At)
David Fortin (Postdoc)
Frédéric Bouchard (PhD)
Nicoleta Ciobanas (PhD)
Stéphanie Cuven (PhD)
Guillaume Jouve (PhD)
Vicky Tremblay (PhD)
François Lapointe (MSc)
Gabriel Rodrigue (MSc)
Maxime Boreaux (S)
Manon Turmel (S)

Bernard Giroux (P) Géophysique appliquée
Linda Armelle Nzumotcha Thoumkam (PhD)
Lorenzo Perozzi (PhD)
Guillaume Cyr (MSc)
Benjamin Gosselin-Cliche (MSc)

Erwan Gloaguen (P) Géophysique et géostatistiques appliquées
Pierrick Chasseriau (Postdoc)
Martin Blouin (PhD)
Camille Dubreuil-Boisclair (PhD)
Patrick Simard (PhD)
Christine Bélanger (MSc)
Lorenzo Perozzi (MSc)
Paolo Rugerri (S)
Corinne Salaün (S)
Mathieu Sauvageau (S)

Charles Gobeil (P) Géochimie aquatique
Sandra Jobidon (T)
Zouzou Kuzyk (Postdoc)
Diego Campisi (PhD)
Raoul-Marie Couture (PhD)
Stéphane Feyte (PhD)
Roger Levasseur (MSc)
Catherine Boudreau (S)

Légende

P : professeur-chercheur
T : technicien de recherche
Ag : agent de recherche
As : associé de recherche
At : assistant de recherche
Posdoc : stagiaire postdoctoral
PhD : étudiant au doctorat
MSc : étudiant à la maîtrise
S : stagiaire
En italique : diplôme ou départ en cours d'année

Yves Gratton (P) Océanographie physique
Marie-Emmanuelle Rail (Ag)
Claude Bélanger (As et *Postdoc)*
Dominique Boisvert (At)
Somayeh Nahavandian Esfahani (PhD)
Caroline Sévigny (PhD)
Jessy Barrette (MSc)
Charles Brouard (MSc)

Landis Hare (P) Écotoxicologie et écologie d'eau douce
Dominic Ponton (PhD et *MSc*)
Isabelle Proulx (PhD)
Maikel Rosabal Rodriguez (PhD)
Karine Bertrand (MSc)
Julien Lacharité (MSc)
Hugo Lavoie (S)

Lyal Harris (P) Géologie structurale et géophysique
Vladimir Antonoff (PhD)
Gregory Dufrechou (PhD)
Camille Armengaud (MSc)
Noémie Fayol (S)
Milène Leduc (S)

Pierre Lafrance (P) Biogéochimie des contaminants organiques

Isabelle Larocque (P) Paléoclimatologie

Isabelle Laurion (P) Écologie aquatique et biooptique
Maciej Bartosiewicz (PhD)
Karita Negandhi (PhD)
Annabelle Waren (MSc)
Lennie Boutet (S)
Virginie Sauter (S)

Michel Leclerc (P honoraire) Écohydraulique
Pierre-Luc Fortin (MSc)

René Lefebvre (P) Hydrogéologie
Xavier Malet (T et *S*)
Jean-Marc Ballard (Ag)
Cintia Racine (Ag)
Harold Vigneault (Ag)
Belkacem Lahmira (As)
Marc-André Carrier (At)
Pierrick Chasseriau (Postdoc)
Tien Dung Tran Ngoc (Postdoc)
Marc Laurencelle (PhD et *S*)
Daniel Paradis (PhD)
Laurie Tremblay (PhD)
Châtelaine Beaudry (MSc et *At*)
Patrick Brunet (MSc)
Emmanuelle Millet (MSc)
Olivier Bouchard (S)
Jean-Bernard Kabran Gnankon (S)
Mathieu Sauvageau (S)

Bernard F. Long (P) Sédimentologie marine
Louis-Frédéric Daigle (T)
Régis Xhardé (As)
Mathieu Des Roches (At)
Stéphane Montreuil (PhD)
Françis Aucoin (MSc)
Valérie Robitaille (MSc)
Constant Pilote (S)
Jean-René Rivard (S)
Tateyama Ryuta (S)
Funakoshi Yoshitaka (S)

Alain Mailhot (P) Hydrologie urbaine
Samuel Bolduc (At)
Guillaume Talbot (At)
Sébastien Raymond (Postdoc)
Brielly Edouard Arnaud Guede (PhD)
Vanessa Montpellier (PhD)
Simon Lachance-Cloutier (MSc)
Ian Beauregard (S)
Thomas Thibault (S)
Christophe Vidil (S)

Michel Malo (P) Géologie structurale
Karine Bédard (Ag)
Jean-Philibert Moutenet (Ag)
Harold Vigneault (Ag)
Elena Konstantinovskaya (As)
Gabriel Huot-Vézina (At)
Maxime Claprood (Postdoc)
Franck Diedro (Postdoc)
Tien Dung Tran Ngoc (Postdoc)
Gaëlle Grundman (PhD)
Adeline Parent (PhD)
Jean-François Grenier (MSc)
Diego Tovar (MSc)
Guillaume Cyr (S)
Benjamin St-Pierre (S)
Linda Aubert (agente de secrétariat)

Richard Martel (P) Hydrogéologie
Clarisse Deschênes-Rancourt (T)
Richard Lévesque (T)
Sébastien Côté (Ag)
Luc Trépanier (Ag)
Uta Gabriel (As)
Mathieu Laporte-Saumure (As et PhD)
Vincent Boulianne (At)
Nicolas Francoeur-Leblond (At)
Sébastien Lange (Postdoc)
Geneviève Bordeleau (PhD)
Adriana Furlan Gumière (PhD)
Jean-Sébastien Gosselin (PhD)
Marie-Claude Lapointe (PhD et *S*)
Thomas Robert (PhD)
Martin Blouin (MSc)

Légende

P : professeur-chercheur
T : technicien de recherche
Ag : agent de recherche
As : associé de recherche
At : assistant de recherche
Posdoc : stagiaire postdoctoral
PhD : étudiant au doctorat
MSc : étudiant à la maîtrise
S : stagiaire

En italique : diplôme ou départ en cours d'année

Jean-Philippe Drolet (MSc)
Guillaume Bédard (S)
Rania Bouziri (S)
Jérémy Dostie (S)
David Fajardo Triana (S)
Louis Jacques (S)
Guillaume Lefrançois (S)
Herilala Fabrice Randriandelinoro (S)
Véronika Varfaly (S)
Linda Aubert (agente de secrétariat)

Guy Mercier (P) Décontamination et valorisation
Emmanuelle Cecchi (As)
Lan Huong Tran (As)
Pauline Riche (At)
Romain Barbaroux (PhD)
Sara Bisone (PhD)
Dileep Palakkeel Veetil (PhD)
Louis-César Pasquier (PhD et *MSc*)
Sanoopkumar Puthiya Veetil (PhD)
Charles-Edouard Nanci (MSc)
Guillaume Nielsen (MSc)
Michel Plourde (MSc)
Vincent Taillard (MSc)
Aymeric Desmoulins (S)
Assad Mogni (S)
Valérie Potron (S)
Tengfei Xu (S)

Taha B.M.J. Ouarda (P) Hydrométéorologie statistique
Anik Daigle (As)
Tae Sam Lee (As et Postdoc)
Christian Charron (At)
Guillaume Dueymes (At)
Barbara Martel (At)
Dae Il Jeong (Postdoc)
Buyngsoo Kim (Postdoc)
Alexandre Lekina (Postdoc)
Lampouguin Bayentin (PhD)
Mohamed Aymen Ben Aissia (PhD)
Martin Durocher (PhD)
Bahaa Khalil (PhD)
Reza Modarres (PhD)
Mohamed Ali Ben Alaya (MSc)
Chantal Caouette (MSc)
Jean-Xavier Giroux (MSc)
Dorra Hammami (MSc)
Iris Klein (MSc)
Bouchra Nasri (MSc)
Catherine Allard (S)
Marjolaine Dubé (S)
Yiping Han (S)
Céline Heuzé (S)
Sylvain Labranche (S)

Claudio Paniconi (P) Modélisation hydrogéologique
Cintia Racine (Ag)
Mauro Sulis (As et *PhD*)
Asma Chemingui (PhD)

Marc Richer-Laflèche (P) Géosciences appliquées
Jean-Christophe Aznar (As)
Hilda Paucar Munoz (PhD et *MSc*)
Charlotte Athurion (MSc)
Yves Caron (MSc)
Mohamed Koita (S)
Yves Asselin (aide de terrain)
Jean-François Boily (aide de terrain)
André Castonguay (aide de terrrain)
Édith Chouinard (aide de terrrain)
Patrick Lachance (aide de terrrain)
Robert Ronald Mamani Mamani (aide de terrrain)
Kevin Picard (aide de terrrain)
Sylvain Poirier (aide de terrrain)
Louis-François Rinfret (aide de terrrain)

Pierre-Simon Ross (P) Volcanologie et géologie économique
Alexandre Bourke (At)
Julie Anaïs Debreil (PhD)
Séverine Delpit (PhD)
Bastien Fresia (MSc et *S*)
Russel Rogers (MSc)
Julien Avard (S)
Jean-François Desbiens-Lévesque (S)
Olivier Lamarche (S)

Alain N. Rousseau (P) Modélisation hydrologique
Alain Royer (T)
Sébastien Tremblay (T)
Stéphane Savary (Ag)
Sandra Proulx-McInnis (At)
Sylvio José Gumiere (Postdoc)
Gwenael Carrer (PhD)
Patrick Gagnon (PhD)
Martine Grenier (PhD)
Grégor Levrel (PhD)
Muma Mushombe (PhD)
Philippe Noël (MSc)
Mathieu Oreiller (MSc)
Rodrigo Passos (MSc)
Stéphanie Allard (S)
Jessica Boudreault (S)
François Boulanger (S)
Justine Carlier (S)
Olivier Fillion (S)
Étienne Foulon (S)
Daphné Freudiger (S)
Frédéric Horth Whittom (S)
Kevin Pénard (S)

Yves Secretan (P) Hydro-informatique
Pascale Matte (PhD)
Mathieu Boudreau (S)

Légende

P : professeur-chercheur
T : technicien de recherche
Ag : agent de recherche
As : associé de recherche
At : assistant de recherche
Posdoc : stagiaire postdoctoral
PhD : étudiant au doctorat
MSc : étudiant à la maîtrise
S : stagiaire

En italique : diplôme ou départ en cours d'année

André St-Hilaire (P) — Hydrologie environnementale et statistique

- Anik Daigle (As)
- Bahaa Khalil (As)
- Sandra Proulx-McInnis (At et *MSc*)
- Chunping Ou (Postdoc)
- Deepti Joshi (PhD)
- Julien Mocq (PhD)
- Valérie Ouellet (PhD)
- *Simon Tardif (PhD)*
- Laurie Beaupré (MSc)
- Mohammed Aziz Es Salhi (MSc)
- Hélène Higgins (MSc)
- Vincent Huot (MSc)

Normand Tassé (P) — Géochimie

Rajeshwar Dayal Tyagi (P) — Bioconversion des résidus

- *Éric Lortie (T)*
- Jyothi Bezawada (As et *PhD*)
- *Balasubramanian Sellamuthu (As)*
- Song Yan (As)
- François Chabot (At)
- Pappy John Rojan (Postdoc)
- Indrani Bhattacharya (PhD)
- Jean-Philippe Chenel (PhD)
- Mathieu Drouin (PhD)
- Jean-Robert Gnepe (PhD)
- Amine Mahmoudi (PhD)
- Josée-Anne Majeau (PhD)
- Jia Miao (PhD)
- Tanaji More (PhD)
- *Ha Pham Thi Thanh (PhD)*
- Sridhar Pili (PhD)
- Neema Prabhakaran Mariyamma (PhD)
- Tarek Rouissi (PhD)
- Jay Shankar Singh Yadav (PhD)
- Xiao Lei Zhang (PhD)
- *Najib Mhamdi (MSc)*
- Nabil Bouazzaoui (S)
- Zineb El Achhab (S)
- Sanae El Harche (S)
- *Mathieu Gras (S)*
- *Alexandre Hervouet (S)*
- *Azouz Hind (S)*

Jean-Pierre Villeneuve (P) — Gestion intégrée des ressources en eau

- Nomessi Kokutse (Postdoc)
- Babacar Toumbou (Postdoc)
- Hong Trang Nguyen (PhD)
- Phu Duc Nguyen (PhD)
- Xuan Tuan Nguyen (PhD)
- Thi Thu Ha Pham (PhD)
- *Louis Blanchet (S)*
- *Audrey Lucchesi Lavoie (S)*
- *Amélie Thériaut (S)*
- Julie Fortin (agente de secrétariat)

Autres étudiants

Au doctorat sous la supervision d'un professeur associé

Lauriane Dinis (Martine M. Savard)
Annick Doucet (Martine M. Savard)
Josué Jautzy (Jason Ahad)
Lise Lamarche (Michel Parent)
François Leclerc (Jean H. Bédard)
Jean-François Montreuil (Louise Corriveau)
Maud Naulier (Martine M. Savard)
Jean-François Ravenelle (Benoît Dubé)
Kenneth Williamson (Benoît Dubé)
David Yergeau (Patrick Mercier-Langevin)

À la maîtrise sous la supervision d'un professeur associé

Anthony-Franco De Toni (Louise Corriveau)
Catherine Guay (Miroslav B. Nastev)
Abhidheya Holfeld (Patrick Mercier-Langevin)
Rachel Thériault (Martine M. Savard)

À la maîtrise professionnelle

Maxime Bélanger
Steve Boivin
Mélissa Châtelain
Raphaël Combes
Jonathan Daigle
Julien Gaubert
Matthew Landry
Charles-Olivier Laporte
Sanae Outoun
Dominic Roussel
Magali Wirtensohn

Autres professeurs

Émérites

Georges Drapeau
Michel Slivitzky

Honoraires

Aïcha Achab
Daniel Cluis
Jean-Pierre Fortin
Sinh Lequoc
Guy Morin
Jean-Louis Sasseville
Alain Soucy
André Tessier

Associés

Jason Ahad, CGC-Québec
Guy Ampleman, RDDC-Valcartier
Jean H. Bédard, CGC-Québec
Christian Bégin, CGC-Québec
Sébastien Castonguay, CGC-Québec
Louise Corriveau, CGC-Québec
Benoît Dubé, CGC-Québec
Mathieu J. Duchesne, CGC-Québec
Michel Houlé, CGC-Québec
Donna Kirkwood, CGC-Québec
Denis Lavoie, CGC-Québec
Patrick Mercier-Langevin, CGC-Québec
Yves Michaud, CGC-Québec
Léopold Nadeau, CGC-Québec
Miroslav B. Nastev, CGC-Québec

Michel A. Parent, CGC-Québec
Luc Perreault, Institut de recherche d'Hydro-Québec
Didier Perret, CGC-Québec
Nicolas Pinet, CGC-Québec
Christine Rivard, CGC-Québec
Alfonso Rivera, CGC-Québec
Martine M. Savard, CGC-Québec
Sonia Thiboutot, RDDC-Valcartier

Invités

Marc Amyot, Université de Montréal

András Bárdossy, Institut für Wasserbau (Allemagne)

Simon Barbabé, UQTR

Ridah Ben Cheikh, École nationale d'ingénieurs de Tunis (Tunisie)

Hamel Benmoussa, Centre de recherche industrielle du Québec

Louis Bernatchez, Université Laval

Thomas Buffin-Bélanger, UQAR

Daniel Caissie, Pêches et Océans Canada

Bernard Chocat, Institut national des sciences appliquées de Lyon (France)

Paul Cooper, University of Toronto

Daniel Cossa, Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer (France)

Simon Charles Courtenay, Pêches et Océans Canada

Richard A. Cunjak, Canadian Rivers Institute, University of New-Brunswick

Jean-Pierre Dedieu, LARHRA – CNRS (France)

Salah-Eddine El Adlouni, Université de Moncton

Jaime M. Gárfias Soliz, Centro Interamericano de Recursos del Agua (Mexique)

Pierre-Louis Gosselin, Institut national de la santé publique du Québec

Katy Harlampides, University of New-Brunswick

Eric Johnson, Hartwick College (New York, États-Unis)

Scott Lamoureux, Queen's University

Robie W. Macdonald, Pêches et Océans Canada

Jean-Louis Morel, Institut national polytechnique de Lorraine (France)

Mir Abolfazo Mostafovi, Université Laval

Emmanuel Naffrechoux, Université de Savoie (France)

Michel Nolin, Agriculture et Agroalimentaire Canada

Reinhard Pienitz, Université Laval

Éric Pottier, Institut d'électronique et de télécommunications de Rennes (France)

John F.V. Riva, retraité, Université Laval

René Roy, Institut de recherche d'Hydro-Québec

Marie-Odile Simonnot, Institut national polytechnique de Lorraine (France)

Minh Y Tran, Académie des sciences et des technologies du Vietnam (Vietnam)

Bruno Tremblay, Université McGill

Gozo Tsujimoto, Kobe City College of Technology (Japon)

José R. Valéro, retraité, Service canadien des forêts

Éric van Bochove, Agriculture et Agroalimentaire Canada

Kevin J. Wilkinson, Université de Montréal

Fumihiko Yamada, Kumamoto University (Japon)

Fatiha Zidane, Université Hassan II (Maroc)

Autres chercheurs

Associé

Jean Morin, Environnement Canada

Invités

Todd E. Arbetter, National Ice Center (États-Unis)

Philippe Archambault, Institut des sciences de la mer de Rimouski

Françoise Behar, Institut français du pétrole (France)

Gilles Bellefleur, Commission géologique du Canada

Claudia Blais, Institut national de la santé publique du Québec

Gerardo Buelna, Centre de recherche industrielle du Québec

Guy Caniaux, Centre national de recherches météorologiques (France)

François Caron, Centre interuniversitaire de recherche sur le saumon de l'Atlantique

Daniel Caya, Consortium Ouranos

Marie Clément, Pêches et Océans Canada

Catherine Couillard, Pêches et Océans Canada

Bernard Doyon, Collège F.X. Garneau

Peter S. Galbraith, Pêches et Océans Canada

Daniel Houle, Ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec

Feten Jarraya Horriche, Centre de recherches et des technologies des eaux (Tunisie)

Yvon Maranda, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec

Stéphane Masson, Parc Aquarium du Québec

Marc Mingelbier, Ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec

Louis Prieur, Observatoire océanologique de Villefranche-sur-Mer (France)

Milla Rautio, UQAC

Rao Y. Surampalli, United States Environmental Protection Agency (États-Unis)

Muriel Thibaut, Institut français du pétrole (France)

Richard Turcotte, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec

Marc Vallée, Fugro Airborne Surveys

Les services

En italique : départ en cours d'année

Direction

Yves Bégin (directeur)
- Isabelle St-Jacques (adjointe)
- Valérie Garant (agente de secrétariat)
- Ariane Leduc (agente de secrétariat)

Valorisation de la recherche

Carole Parent
- Stéphanie Racine
- Sophie Walsh-Sauvageau

Administration

Ginette Belleau (responsable)
- Dominique Cantin
- Diane Lortie
- Marie-Noëlle Ouellet
- Mylène Paradis
- Manon Poitras
- Guylaine Vallée
- *Evelyne Vallières*

Bâtiment

Serge Marcoux (responsable)
- Céline Bélanger
- Étienne Bérubé
- Sylvain Dufour
- Gilles Guérin
- Sophie Magos
- *Mario Moisan*
- Alain Poirier
- *Louise Robitaille*
- Luc Rose
- Pierre Tailleur

Documentation et information

Jean-Daniel Bourgault (responsable)
- Pascale Dion
- *Sophie Magos*
- Chantal Paquin
- Anne Robitaille
- Jean-Michel Thériault

Informatique et télécommunications

Claude Blanchette (responsable)
- Claude Champagne
- *Martin Gagné*
- Luc Jalbert
- *Patrick Laforte*
- Marc Saint-Pierre
- Sacha Wasylyszyn

Laboratoires

Stéfane Prémont (responsable)
- Anissa Bensadoune
- Jean-François Dutil
- Sébastien Duval
- *Mélissa Fallu (stagiaire)*
- Pauline Fournier
- Philippe Girard
- *Marc Greendale*
- Julie Perreault
- Lise Rancourt
- René Rodrigue
- *Véronique Tardif (stagiaire)*

Cartographie

Marco Boutin

Enseignement

Suzanne Dussault
- Johanne Desrosiers

WWW.INRS.CA

INRS
Université d'avant-garde